




17

# الكون والثقوب السوداء

أعده: رؤوف وصفي
راجعه: زهير الكرمي

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت




سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

17

# الكون والثقوب السوداء

أعده: رؤوف وصفي

راجعه: زهير الكرمي



# المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

# المحتوى

المحتوى
المحتوى
المحتوى

## مقدمه وتمهيد

بقلم
زهير الكرمي

خلال الحرب العالمية الثانية تعرض الاتحاد السوفيتي إلى خراب هائل ودمار غير معقول.. إذ بالإضافة للدمار الناشئ عن المعارك الضارية والأسلحة المتطورة قام الروس بتطبيق سياسة الأرض المحروقة والمدمرة ليمنعوا الألمان من الإفادة من الأبنية في المدن والقرى ومن المحاصيل في الحقول ومن الحيوانات التي تربى للإفادة من لحومها. ولكن ما أن وضعت الحرب أوزارها حتى بدأت مشاريع الأعمار القومية لإصلاح ما تلف وتهدم... وكان من الطبيعي في الأحوال العادية أن يبدأ ببناء المساكن لإيواء الناس المشردين أو العناية بإصلاح المزارع والحقول، لان الأعمار كان يجب أن تحكمه أولويات نظرا لان الاقتصاد السوفيتي كان منهكا بعد الحرب الضروس التي أكلت الأخضر واليابس..

غير أن الغريب الملفت للنظر أن من أوائل مشاريع الأعمار القوعية في روسيا عقب الحرب مباشرة كان بناء مرصد بلكوفو الفلكي الجديد.. Pulkovo Observatory وبعد الانتهاء منه بقليل نفذ مشروع المرصد الفيزيائي الفلكي الضخم في شبه جزيرة القرم-وهو حتى اليوم اكبر مرصد فيزيائي فلكي في العالم.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية كان مرقاب هيل (وقطر مرآته 200 بوصة) في مرصد جبل بالومار. Hale Telescope, Mt Palomar Observatory جاهزا

لاستعمال العلماء والفلكيين بعد انتهاء معارك الحرب العالمية الثانية بثلاث سنوات.. ثم بعد ذلك شيدت الولايات المتحدة الأمريكية بسرعة أذهلت العالم مرصد قمة كيت الوطني في اريزونا ... Kitt Peak National Observatory

ولم يكن الاهتمام بالفلك في بريطانيا بأقل منه في الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة، بالرغم من أن وضع بريطانيا كان أسوأ من وضع الدولتين اقتصاديا، فقد فاقت بريطانيا العالم في ميدان الفلك الراديوي وحقق علماؤها تطورات عظيمة هامة من خلال مرصد جودرل بانك المشهور Jodrell Bank ودعمت بريطانيا ذلك الاهتمام بالفلك البصري أو الضوئي فأنشأت مرقاب اسحق نيوتن الجديد وهناك مشروع مرقاب بريطاني أسترالي مشترك قطر مرآته 150 بوصة.

وفي كثير من الدول الأخرى انعكس هذا الاهتمام بالفلك-وبخاصة الفلك الجديد-على المنشورات العلمية.. فإذا تصفحت أي عدد من أية مجلة علمية أسبوعية من تلك الدول فان من المؤكد أن تجد جزءا محسوسا فيها مخصصا للاكتشافات الجديدة في ميادين الفيزياء الكونية والفلك الجديد، سواء أكانت هذه الأبحاث نظرية بحتة أم علمية مستندة إلى المشاهدات والملاحظة.

مثل هذا الاهتمام ينبعث من منطلقات ثلاثة:

**الأول**: إن الإنسان منذ أن وقف منتصب القامة وتحرر بصره من النظر إلى الأرض وهو يجول بناظريه في السماء مندهشا مراقبا ومدققا.. وقد توافق أن معظم مشاهدته ومراقبته للسماء كانت تتم ليلا مع كونه قليل العمل في الليل... وكان من نتيجة هذا أن كان علم الفلك أول علم بدأ عند الإنسان. لا بل نلحظ أنه لم تقم حضارة في الماضي إلا وكان للفلك مكان بارز فيها.. كما تعرضت جميع الديانات السماوية للفلك بشكل رئيسي واضح وفي مواضع شتى. وليس الاهتمام الذي نلحظه اليوم عند عمالقة الحضارة العلمية الحديثة إلا استمرارا لذلك الاهتمام والدهشة اللذين نشآ مع الإنسان.

**والثاني**: أن أبحاث الفضاء وعمليات ارتياده حتمت على العلماء والفنيين أن يكون لديهم فهم عميق للفلك وتصور واضح لطبيعته وحقيقته. ومن هنا كان اشتراك عدد كبير من الفلكيين مع فريق علماء الفضاء..

ومن هنا كان اعتماد الأخيرين على الدراسات والأبحاث الفلكية الحديثة

وكذلك الإفادة من عمليات ارتياد الفضاء في إجراء الدراسات وعمليات الرصد من خارج نطاق الغلاف الجوي الأرضي ومن على القمر ومن المركبات الفضائية المختلفة. ومن هنا أيضا كان ما تحتم على رواد الفضاء من إلمام عميق دقيق بعلم الفلك-حتى أن بعضهم يحمل شهادة جامعية في هذا العلم.

**والثالث**: إن من طبيعة العلم انه لا يتوقف عند حد في دراسة الظواهر الطبيعية. ولذا كان طبيعيا أن يستكمل العلماء دراسة بيئة الإنسان وظواهرها بدراسة الكون الذي هو البيئة الكبرى.. والمعروف انه لا يمكن لبيئة ما، صغرت أم كبرت، أن تكون بمعزل عن البيئات الأخرى التي تحتويها أو تكون ضمنها أو بجوارها. ولذا كان فهم الكون أمرا أساسيا لفهم الحياة على الأرض ومستقبلها.

كما أن أبحاث اينشتين ونظريته النسبية فتحت آفاقا جديدة وألقت أضواء لم تكن من قبل على طبيعة الكون ومفهومه. ولعل من أهم الآفاق الجديدة التخيل الرياضي للكون. وفي هذا يتابع العلماء الرياضيون تصور ما يمكن أن يكون عليه الكون مستخدمين المعادلات والمفاهيم الرياضية ومنطلقين مما يتجمع لديهم من ظواهر ومشاهدات فعلية. أي انهم في هذا المنحى لا يستخدمون سوى القلم والقرطاس والأسس الرياضية، تاركين للفلكيين المراقبة والمشاهدة والتجربة لإثبات أو عدم إثبات فرضياتهم النظرية.

وقد أدت جميع هذه الدراسات، النظرية منها والعلمية إلى تجمح عدد كبير من الحقائق والفرضيات العلمية أمكن أن تقسم إلى أنظمة علمية جديدة لم تكن من قبل.. فمثلا نشأ فرع من الفيزياء عرف بالفيزياء الكونية، كما نشأ فرع من الجيولوجيا هو الجيولوجيا الفلكية.. وفوق هذا وذاك نشأ علم الفلك الجديد الذي عرف باسم علم الكون Cosmology.

وهذا العلم الجديد المعاصر هو ما أحببنا أن نقدم عنه تعريفا مبسطا لشبابنا وقراء العربية، لعل في ذلك استثارة لاهتمام بعضهم فيدرسونه بعمق ويعيدون للعرب مكانتهم في ميدان علم الفلك وهو ميدان مليء بالغموض والدهشة والمفاجآت، ويقول الأستاذ و. هـ. ماكريا «انه لمن المثير حقا أن يكون الإنسان، في عصرنا هذا، فيزيائيا أو عالما فلكيا».

## علم الكون

وحتى نفهم علم الكون الجديد يتعين علينا أن نعرف بدقة موقع الإنسان من هذا الكون وعلاقته به.

فالأرض «الشاسعة الواسعة» موطن الإنسان وبيئته ليست في حقيقة الأمر إلا كوكبا سيارا صغيرا من تسعة كواكب تدور حول نجم الشمس وهناك بلايين الشموس أو النجوم في مجرتنا التي هي واحدة من بلايين المجرات مثيلاتها في كون فسيح إلى حدث يصعب تصوره وتخيل مداه.

وقد كان الإنسان في دراسته للأفلاك في الماضي يستخدم مفاهيم عرفها واستخدمها بنجاح على الأرض.. ومن هذه المفاهيم الحجم والمسافات والكتل والجاذبية والخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة وتركيب المادة في أسسه الذرية.

ولعل سر جمود علم الفلك قديما كان في الخطأ الذي ارتكبه الإنسان في محاولة فهم الكون بمفاهيم الإنسان الأرضية ومعاييره التي استخدمها في حياته، بل وبحواسه نفسها.

والإنسان معذور في ذلك فحجمه وكتلته مرتبطان ارتباطا وثيقا بحجم الأرض وجاذبيتها وكذلك ترتبط قوته بالجاذبية الأرضية.. وتبعا لهذا كانت جميع نشاطاته ذات ارتباط ونسبة رياضية إلى كتلة الأرض وجاذبيتها.. فأدواته التي استعملها كامتداد لأعضائه كان لا بد أن تكون من حجم معين.. وبناياته التي ابتناها لسكناه كان لا بد أن تكون ذي علاقة بحجمه هو.. وحتى حركته على الأرض ارتبطت بنسبة ثابتة بجاذبية الأرض (حتى إذا ما تحرك على سطح القمر مثلا كانت حركته مضطربة غير ما تعود عليه في الأرض، وذلك لاختلاف الجاذبية).

وعلى ذلك فان إمكان وجود قرد ضخم بحجم كنج كونح (الذي ابتدعه في السينما خيال الكتاب) مستحيل على كوكب الأرض والسبب في ذلك أن وزن الحيوان يحمل بوساطة عظام الأطراف. فالوزن الذي يحمله عظم عن عظام الأطراف يقرره مبلغ قوة الضغط التي يتحملها ذلك العظم. وهذا بدوره يقرر مساحة مقطع العظم، وبالتالي وزن العظم. ولما كان وزن الحيوان يتناسب مع مكعب أبعاده الطولية، بينما مساحة مقطع العظم تتناسب مع مربع قطرها، فان من الطبيعي أن يكون للحيوانات الكبيرة أرجل أثخن

واضخم من الحيوانات الصغيرة.. وعلى ذلك فان كنج كونج الذي زيد حجمه 100 مرة عن الغوريلا العادية يصبح مليون مرة اثقل من وزن الغوريلا المعتاد (أي مكعب 100) ولكن أرجله لن تكون إلا عشرة آلاف مرة أقوى من المعتاد. ولذا فلا بد من أن تتحطم أرجله تحت ضغط ثقله وينهار. وسيزيد في سرعة ذلك أن العظام عادة تتعرض لضغوط أخرى، غير الثقل بفعل الجاذبية، كالثني والمشي أثناء الحركة... كما لا بد أن نتعرض هنا إلى نقطة هامة أخرى وهي حجم القلب.. فالقلب عادة يكون حجمه أقل من قدرته على دفع الدم إلى جميع أنحاء الجسم.. ويعتمد القلب لإتمام ذلك على مطاطية الشرايين ومرونتها.. وزيادة كيلو جرام واحد في الوزن يحتم نمو أوعية دموية جديدة بطول كيلو مترات عديدة (وهذا يولد ضغطا إضافيا على القلب ولعله السبب الرئيسي في أن الطب الحديث يعتبر السمنة علة خطرة)... وعلى ذلك فلو زاد حجم كنج كونج 100 مرة فهذا يعني أن القلب قد زاد حجما 100 مرة ولكن وزن الجسم زاد مليون مرة وهذا يوقع القلب تحت ضغط لا قبل له به ولن يمكن للدم أن يصل إلى كل الأنسجة مهما كانت مطاطية الشرايين.

وأسمح لنفسي في هذا المجال باستطراد بسيط لأقول بأنني أرى، خلافا لما يراه بعض علماء الأحياء، أن بوسع الحشرات أن تزداد حجما مائة مرة.. ذلك أن الأسباب التي ذكرت آنفا بشأن كنج كونج لا تنطبق على الحشرات.. فالحشرات لا عظام فيها (أي ليس لها هيكل عظمي داخلي يتحمل ثقلها). وقلبها ليس مضخة مركزية واحدة بل لها قلب في كل حلقة من حلقات جسمها وهذه القلوب متصلة ببعضها ولكنها تعمل بالتتابع وكل قلب مختص بحلقته، كما أن قوة الحشرات كبيرة جدا إذا قيست بقوة القردة أو الإنسان... وسبب ذلك معروف من نظام دمها المفتوح وإمكان وصول الهواء الجوي إلى الأنسجة مباشرة مما يسمح لها بالإفادة من كل الأكسجين الموجود في الهواء (حوالي 21٪) بينما الإنسان مثلا يستفيد من نسبة تبلغ حوالي 5٪ من أكسجين الهواء المتنفس. والأكسجين كما نعلم هو الذي يؤكسد الغذاء لإنتاج الطاقة. ولو كانت للإنسان قوة الحشرات لاستطاع أن يقفز كيلومترا على الأقل في قفزة واحدة. ومثل هذا، لو كان، يغير كثيرا من علاقات الإنسان بسكنه ومدنه ومجتمعه وآلاته وأدواته الخ...

لقد ذكرنا كل هذا لإيضاح مدى ارتباط حجم الإنسان ووزنه بحجم الأرض وجاذبيتها وان هذا الارتباط يتعدى الحجم بذاته إلى التأثير في إدراك المفاهيم وصنع الأدوات واعتماد المقاييس والمعايير.

كما نود أن نذكر أنه من المفروض ضمن حدود معينة للجاذبية (في أي كوكب فيه حياة) أن يكون للحيوان هناك حجم أمثل وكتلة مثلى.. وهناك سبب قوي يحمل على الاعتقاد بأن الإنسان هو الأمثل (حجما وكتلة) بالنسبة للجاذبية الأرضية.

## صعوبات دراسة علم الكون الجديد

يقول عدد من العلماء بأن الفيزياء المخبرية كما نعرفها على الأرض مملة لان مفاهيمها تتشكل وتؤخذ قياساتها باستعمال أنظمة مادية ذات حجم عادي. ونعني بالحجم العادي المتناسب مع حجم الإنسان وقدرته على تداولها. كما أن قطع المادة التي يتداولها الإنسان في الفيزياء المخبرية خاملة بالقدر الذي تكون به أية مادة على الأرض خاملة. وكذلك نستعمل تشبيهات، لتقريب الفكرة إلى أذهاننا، تكون مستقاة من الأمور الحادية من حولنا.

وإذا كانت الفيزياء المخبرية لهذه الأسباب مملة فان من الطبيعي أن تكون الفيزياء الكونية صعبة وصعبة جدا لاختلاف المعايير والأسس التي درجنا عليها والتي بها نستطيع تصور مفهوم أو إدراكه. واستطرد مع ذلك لا بد أن تكون الفيزياء الذرية أيضا صعبة وان لم تكن بدرجة صعوبة الفيزياء الكونية..

ولنأخذ أمثلة توضح ذلك:

فالمتر مقياس إنساني أرضي جيد ولو قسمناه إلى مائة قسم ينتج عندنا السنتمتر الذي هو مقياس مخبري نموذجي... فلو قسمنا السنتيمتر على $10^8$ (مائة مليون) حصلنا على قطر نموذجي للذرة... ولو ضربنا السنتيمتر في نفس العدد $10^8$ (مائة مليون) لحصلنا على قطر القمر. ولو ضربنا قطر القمر بنفس العدد (مائة مليون) فإننا نحصل على حوالي قطر النظام الشمسي.. ومرة أخرى لو ضربنا قطر النظام الشمسي بنفس هذا العدد لوصلنا إلى ما يقارب بعد السحب الماجلانية-وهي أقرب جار كوني لمجرتنا..

وكذلك يعتبر كيلو جرام مقياسا إنسانيا أرضيا ممتازا، ولو قسنناه على ألف نحصل على الجرام الذي هو مقياس مخبري نموذجي.. فلو قسمنا الجرام على $10^{23}$ (أي واحد وأمامه ثلاثة وعشرون صفرا) فإننا نحصل على كتلة ذرية نموذجية. ولو بدلا من ذلك، ضربناه بنفس العدد، نحصل على ما يقارب كتلة أصغر قمر طبيعي في النظام الشمسي.. فإذا ضربنا الناتج هذا بنفس العدد مرة أخرى نحصل على ما يقارب كتلة مجموعتنا المحلية من المجرات.

وهكذا يجد المرء نفسه في اتجاهه نحو الفيزياء الذرية يتعامل مع مقاييس وكتل متناهية في الصغر بالنسبة لما يعهد عادة وبالمقابل يجد نفسه في اتجاهه نحو الفيزياء الكونية يتعامل مع مقاييس وكتل متناهية في الكبر والضخامة... وواضح من المثال المسوق أننا بانتقالنا من الفيزياء العادية إلى الفيزياء الكونية نمر عبر تغير في المقياس اكبر كثيرا جدا من التغير في المقياس الذي نصادفه بانتقالنا في الاتجاه المضاد-أي من الفيزياء العادية إلى الفيزياء الذرية.

والإنسان الذي يدرس الكون مضطر لتغيير قيمه ومقاييسه إلى هذه الحجوم والكتل الهائلة التي لا يستطيع أن يجد لها تشبيها معقولا يساعده على تصورها وفهمها.

ثم هناك أمر المسافات والأبعاد.. أن مجرد القول بأن السنة الضوئية[1] هي وحدة مسافة في الكون أمر مرعب بالنسبة لإنسان الأرض.. ويزداد الأمر سوءا عندما نرى مسافات في الكون تقاس ببلايين السنوات الضوئية.. أضف إلى ذلك أن شعور علماء الكون، بأن كل مظهر يرصدونه ويرونه في الوقت الحاضر وكأنه يحدث أمامهم قد حدث فعلا وتم وانتهى قبل سنوات قد تبلغ الملايين عدا، إنما هو شعور، أقل ما يقال فيه، انه مثير للنفس.

على أن أكبر صعوبة تواجه الإنسان في دراسته للكون هي اختلاف مادة الكون عن المادة التي يعرف على الأرض في خصائصها الفيزيائية..

أن الإنسان يعلم من الفيزياء العادية أن المادة تكون على حالات ثلاث: غازية وسائلة (وهما حالتا الموائع) وصلبة، و قد تمكن علم الفيزياء العادية

---

(1) يسير الضوء مسافة 000, 300 كيلو متر في الثانية الواحدة والسنة الضوئية هي المسافة التي يسيرها الضوء في سنة كاملة.

من إعطائنا مفاهيم واضحة وخصائص ثابتة للمادة في حالاتها الثلاث.. ولكن العالم الكوني وجد أن المادة في الكون تختلف اختلافا بينا عن المادة التي يعهد على الأرض. فالغازات في الكون متأينة في الغالب (أي مشحونة كهربيا) ونتيجة ذلك يكون سلوكها مغايرا لسلوك الغازات المتعادلة المعهودة... و قد أدى هذا الكشف إلى نشوء فرع جديد في الفيزياء هو الفيزياء البلازمية Plasma Physics (والبلازما عبارة عن الغاز شديد التأين).. وقد أفاد العلماء من دراسة الفيزياء البلازمية في عدد من التطبيقات وبخاصة بالنسبة لتجارب الاندماج النووي. ومن الجدير بالذكر أن الذين طوروا فرع الفيزياء البلازمية هم الفيزيائيون الفلكيون.. فقد اكتشفوا أن كل المعضلات المتعلقة بالحركة غير المنتظمة داخل النجوم والغالبية العظمى من المعضلات التي تتعلق بالجو المحيط بالنجوم ومنها وجود جو نجمي خارجي مثل الطبقة اللونية والتاج (أو الإكليل) في الشمس، ومعضلة انسياب المادة من النجوم إلى الفضاء وبخاصة ما يعرف بالرياح الشمسية، إنما هي معضلات في الفيزياء البلازمية. وبالمثل نجد أن كثيرا من معضلات المادة الموجودة في فضاء الكون متناثرة بين النجوم إنما هي أيضا معضلات بلازمية مثيرة للاهتمام وبخاصة عند سطح التقاء غاز متأين (أو مشحون) بغاز عادي (أو متعادل). ولعل من اشد المظاهر هنا إثارة للاهتمام الفرضية التي نجمت عن هذه الدراسات والتي تذهب إلى أنه إذا أحيط جسم من غاز بارد إحاطة تامة بغاز ساخن، فان الغاز البارد يمكن أن ينضغط حتى يصل إلى طور الانهيار الجذبي Stage of gravitational collapse ومثل هذا الحديث يمكن أن يكون بداية تكوين التكتلات النجمية أو العناقيد في المجرات. وبمعنى آخر أنها العملية الطبيعية التي تتكون بها نجوم جديدة في مجرة قديمة..

وهذا ينقلنا إلى صعوبة أخرى وهي التصور بأن الكون متجدد تموت فيه نجوم وتولد نجوم باستمرار.. وان هذه العملية يرافقهما مخاض عنيف أحيانا ومخيف أحيانا أخرى. والتساؤل الهام هو من أين تأتي مادة النجوم الجديدة؟؟.

وعلى ما في هذه المظاهر الجديدة الغريبة من اختلاف عن المعهود على الأرض، وإثارة للاهتمام علينا أن نضيف عنصرا آخر ليزيد الأمر غرابة وتعقيدا.. وهو إخضاع حالة البلازما في الكون إلى مجال مغناطيسي. وقد

أدى هذا إلى نشوء فرع آخر جديد في الفيزياء هو علم الهيدروديناميكا المغناطيسية Magneto-hydrodynamics، وهو فرع من فروع الفيزياء اصبح كبيرا، وكان قد بدأ بالتطور عقب الحرب العالمية الثانية نتيجة دراسة معضلات فلكية وبخاصة دراسة جو الشمس الخارجي الذي يعتبر مثالا على الهيدروديناميكا المغناطيسية.

ويرتبط بصعوبة دراسة كتل الأجرام الكونية الضخمة صعوبة أخرى هي صعوبة تصور مبلغ جذبها الهائل بالنسبة لجسم خارج عنها يقع في إطار جاذبيتها أو-وهذا الأكثر إثارة-بالنسبة إلى مادتها نفسها وبخاصة مفهوم الانهيار الجذبي، ومفهوم تحويل الطاقة الجذبية إلى طاقات أخرى...

وهذا الجذب الهائل والانهيار الجذبي ينقلنا إلى صعوبة تصور ما يحدث للمادة.. فنحن نعلم من الفيزياء العادية أن المادة في أساسها مكونة من ذرات وأن الذرة الواحدة تتكون من نواة، بها بروتونات ونيوترونات، (وهي موجبة الشحنة) ويحيط بها في مستويات طاقة مقننة إلكترونات سالبة الشحنة، (تعادل شحنة النواة الموجبة في مجموعها)، وان هذه الإلكترونات تدور حول النواة بسرعة وكأنها غمامة تحيط بها، كما أن الإلكترونات في المستويات المختلفة تدور متضادة مع بعضها فمنها ما يدور مع عقارب الساعة ومنها ما يدور عكس ذلك إلى آخر ما نعلم عن فيزياء الذرة.

غير أن أهم ما نعرف عن الذرة على الأرض بالإضافة لما سبق أن معظم حجمها فراغ وأن المادة فيها لا تكون إلا جزءا يسيرا جدا من حجمها..

ولكن علينا أن نغير هذا المفهوم جذريا عندما يحدث الانهيار الجذبي وتنضغط المادة انضغاطا شديدا.. وهنا تخطر بالبال تساؤلات هامة منها التساؤل عن طبيعة المادة التي انضغطت حتى لم يعد فيها فراغ واتحدت الإلكترونات بالبروتونات كما تراصت الذرات لا بجانب بعضها وإنما في داخل بعضها أيضا.. أن بعض العلماء يتصورون أن المادة في مثل هذه الحالة لا تكون على أي من الحالات الثلاثة المعروفة ولا حتى حالة البلازما (الرابعة التي عرفت حديثا) وإنما على شكل شيء لزج ذي صفات وخصائص لم نعهدها من قبل.

ثم كيف يمكن أن نتصور أن حجم ملعقة شاي من مادة منهارة جذبيا يمكن أن تصل وزنا إلى مئات أو آلاف الأطنان؟؟.

وهناك أيضا فكرة الحرارة.. أو بالأحرى الحرارة وضدها في الكون.. فبينما نجد في مساحات شاسعة من الكون درجة الحرارة تكاد تصل إلى درجة الصفر المطلق (بمقياس كلفن)[2] حيث تتوقف المادة عن الحركة نجدها في مراكز النجوم ترتفع لتصل إلى ملايين الدرجات بنفس المقياس وهنا تكون حركة «المادة» في أعنف حالاتها. ثم علينا أن نعدل نظرتنا بأن ندخل في الحسبان القوى الأخرى كقوى الجذب والضغط وقوى المجال المغناطيسي لكبح جماح حركة المادة العنيفة.

وهناك أيضا ما تتطلبه دراسة الكون من دمج مفهومي الزمن والمكان.. أن مفهوم الزمن وحده في الكون مختلف عن مفهومنا له.. فالزمن بالنسبة لنا امتداد بين ماض وحاضر ومستقبل-كشارع ذي اتجاه واحد. وقد كونا هذا المفهوم من ترتيب أحداث متتابعة.. والحدث يعني الحركة.. فكل شيء في الكون من أصغر جسيمات الذرة إلى أكبر المجرات يتحرك.. وكل شيء يتحرك يحمل زمنه معه.. والأسرع حركة هو الأطول عمرا بمعنى أن سرعة حركة تجعل زمنه بطيئا نسبيا بالنسبة لما يتحرك حوله (ببطء اكثر منه).. وسيرى القارئ في هذا الكتاب كيف أن الزمن يبطؤ عند أفق حدث الثقب الأسود؟؟.. وعلى المرء أيضا أن يغير في مفهومه بالنسبة للزمن وعلاقته بالحركة تغييرا آخر. فحسب مفهومنا المعتاد إذا حدث حدث واحد ورآه شخصان فانهما يريانه في آن واحد، ولكن لو فرض أن كان أحد المراقبين يتحرك بسرعة كبيرة بينما المراقب الآخر ثابت في مكانه فان رؤية المراقبين للحدث الواحد لا تكون متواقتة. أي لا يريانه في نفس الوقت. والعكس صحيح.. إذ لو حدث حدثان في وقت واحد ورآهما مراقب يسير بسرعة كبيرة لما رآهما متواقتين.

ومن الصعوبات التي تصادفنا في دراسة الكون أننا لا نملك أن نمسك بعينة من مادته لفحصها كما هي عادتنا.. وعلينا على البعد الشاسع أن نقنع بما نستطيع استخلاصه من أدلة (غير مباشرة في معظمها) بالوسائل المتاحة لنا. كما أن علينا أن نعيش مع فيض من الفرضيات التي افترضت من أخذ بعض هذه الأدلة غير المباشرة ومحاولة بناء نموذج رياضي افتراضي لما يمكن أن تكون عليه هذه الأجرام وذلك بمتابعة التسلسل المنطقي الرياضي

(2) تبلغ-273 درجة مئوية تحت الصفر.

للظواهر والمعلومات المتوفرة لنا.

وقد يقول قائل بأن هذا كله خيال وتخمين وافتراض لا يجوز الأخذ به. غير أن علينا أن نذكر أن العلم يتجه اليوم إلى هذا المنحى النظري وأن اينشتين توصل إلى نظريته في النسبية نظريا وبأسلوب رياضي.. ثم جاءت التجارب الفعلية لتؤكد صحة ما ذهب إليه، لذا ليس من السهل أن يجزم المرء بأن الأمر تخمين وافتراض.. والفرضية العلمية لا يطلب منها سوى أن تفسر ظواهر محددة تنضوي تحت لوائها، ولا يمكن طرحها كفرضية فاسدة إلا إذا عجزت عن تقسيم كل ظاهرة متعلقة بها أو إذا ظهرت ظواهر جديدة لا تستطيع تفسيرها.

ويبقى أنه من المفيد أن يطلع المرء على ما يجرى من أبحاث معاصرة حول اقدم موضوع (الكون) وفي أول علم نظمه الإنسان، (الفلك أو علم الكون)... وبخاصة أن الموضوع على أهميته وجدته وشدة إثارته يفتقر في العالم العربي إلى العلماء المتخصصين فيه.

ومرة أخرى نشير إلى استهلالنا لهذه المقدمة بمبلغ الاهتمام الذي توليه الدول المتقدمة لأبحاث علم الكون. ولا يمكننا أن نفسر هذا الاهتمام البالغ بغير أن الموضوع هام وحيوي إلى حد كبير.

وأحب أن أضيف أن العلم، اليوم بخاصة، يشهد حالة انفجار المعلومات بمعنى أن الكشوف العلمية تحدث بسرعة كبيرة وبقدر كبير لدرجة أن المتتبع للعلم يلحظ أن الكتاب الذي يصدر اليوم فيه من الحقائق العلمية أقل مما تم كشفه. والسبب هو أن البحث العلمي يكشف عن حقائق علمية جديدة أثناء إعداد الكتاب للطباعة وأحيانا تكون هذه مغايرة لما ورد عنها في الكتاب. ولذا نجد العلماء يحرصون على ألا يرجعوا إلى كتاب علمي مضى على طباعته اكثر من سنتين.

ولما كان العلم متطورا-فالمعلومات في هذا الكتاب قد لا تكون هي كل الحقيقة وإنما هي آخر ما وصل إليه العلم حتى طبع الكتاب.

وعلم الفلك الكوني ككل فروع العلوم يتعرض لهذه الحالة من انفجار المعلومات وتزيد حدة هذه الحالة فيه لان جزءا كبيرا من هدا العلم الجديد مستقى من نماذج رياضية مبنية على المعلومات التي أمكن الحصول عليها عن الكون من بعيد وبطرق غير مباشرة أحيانا. وفي كل رحلة فضائية

يكتشف العلماء من المعلومات عن هذا الكون ما يعدل على الأقل جزئيا في النموذج الرياضي الذي ابتنوه للكون أو لجزء منه.

وبعد،

فقد كان الموضوع مثيرا فأثار اهتمامنا ودفعنا إلى تقديم هذا الكتاب إلى قراء العربية.. ونحن لسنا من المختصين في علم الفلك أو علم الكون.

وأحب أن أشيد بالجهد الكبير الذي بذله الأستاذ رؤوف وصفي في تتبع الأبحاث الحديثة في علم الكون، كما أحب أن أشيد بصبره على مراجعتي لما كتب وترجم... فكثيرا ما كنت أغير في أشياء فيعيدها كما طلبت بعد فترة فإذا بي اطلب منه تغيرات أخرى فيها.. وكان خلال كل ذلك صبورا متحليا بصفات العلماء لا يتحيز لرأيه ويناقش الفكرة بموضوعية وتجرد، ويتقبل النقد بروح علمية بناءة.

وختاما أرجو أن أؤكد أننا في جهدنا هذا لا ندعي كمالا ولا شبهه.. ونرى فيه-ونحن نقدمه، مثالب كثيرة ليس بوسعنا إصلاحها حاليا. وجل ما نبتغيه أن يكون هذا الكتاب تقدمة تثير الاهتمام عند القارئ العربي بموضوع هام ذي علاقة بمستقبل الحياة كلها.. والله المستعان.

زهير الكرمي

## الكون المجهول

الكون... بحر أبدي.. لانهائي.. تبحر فيه أعداد هائلة من النجوم.. والكواكب..

بعضها له سرعة الشهب.. والأخرى تتحرك في جلال.. وخلود..

وحتى نتمكن من الدخول إلى هذا العالم العلوي.. غير المنظور...

يجب أن نفتح عقولنا حتى تتسع.. لكل ما لم نكن نصدقه من قبل..

أعداد هائلة.. مجموعات خيالية ومتنوعة من الأجرام السماوية...

اتساع لا حدود له للدوامة الكونية..

يجب أن ننسى السرعات والمسافات المألوفة لنا في حياتنا الأرضية..

علينا أن نلقي بثوانينا.. وسنواتنا وحتى بأعمارنا كلها.. كوحدات لقياس السرعة والزمن..

يجب أن نفكر بدلالة عشرة آلاف مليون عام.. وهو عمر الكون..

نفكر بمقياس اللانهاية.. كعمق الكون..
علينا أن نسمح لأفكارنا أن تتعلق بشعاع الشمس الباهر..
أو بضوء نجم متألق.. يبعد عنا بملايين من الأميال..
على أفكارنا أن تمر بسرعة الضوء الهائلة..
عليها أن تبحر.. وتسافر.. وتنطلق.. لتصل إلى المدى الذي لم تبلغه العين البشرية من قبل..
فإذا سمحنا لعقولنا.. لخيالنا أن ينطلق بلا حدود.. فإننا عندئذ نبدأ في تصور لجزء من المشهد المجسم.. الرائع. بالغ الروعة.. الذي نطلق عليه الكون..
فمهما ترنمنا بكلمات تعزف على قيثارة الغموض..
ومهما دخلنا في تفسيرات للمجهول.. تتعالى هائمة بين النجوم والمجرات..
كل هذا يتبدد تحت ضوء الإيمان المنبثق.. من عظمة الكون.. وروعته..
ويخضع العقل الإنساني للقدرة الإلهية.. كلما تطلع إلى السماء..
ويستسلم تماما في خشوع.. وإيمان.. لذلك النظام والتنسيق المتكامل..
وللأسرار التي تهبط إلينا في تؤدة.. وحكمة خالدة..

رؤوف وصفي

# الباب الأول
# هذا الكون الغامض



شکل(۱)

# ١ علم الفلك قديماً وحديثاً

## قراءة قديمة للكون

إن قصة الكون تمتد إلى ما وراء حدود أبصارنا وتجرى أحداثها ببطء شديد، حتى أن تاريخ البشرية كلها-على ما يبدو لنا من طوله-يعد برهة قصيرة من مقاييس الزمن الكوني، لا تكاد تكفي لاستحداث أي تغير ملحوظ في تلك القصة الخالدة.

وعلم الكون Cosmology حقل مليء بالأسرار الغامضة، وهو مجال بحث يشمل الكون كله من كواكب ونجوم حتى بلايين المجرات التي تسبح في الفضاء حولنا.

ولسنا ندري على وجه التحديد في أي عصر من عصور التاريخ، كانت بداية الاهتمام بعلم الفلك، ولعل تلك البداية كانت عندما تطلع الإنسان القديم إلى السماء ليلا بدهشة وبدأ يتأمل ما يرى ويراقبه ليلة بعد ليلة. وقبل أن يخترع الإنسان الكتابة، كان قد أطلق الأسماء على الأجرام السماوية، وقبل أن يعرف روعة الإيمان انحنى لصور رسمها للشمس والقمر.

ولا شك أن علم الفلك كان معروفا قبل الميلاد بآلاف السنين يشهد بذلك ما تركه البابليون وقدماء المصريين وغيرهم من آثار سجلت ظواهر فلكية

معينة، أو تم تشييدها على أساس من الأرصاد الفلكية الدقيقة. فقد قسم المصريون القدماء سنتهم الزراعية إلى ثلاثة فصول، واتخذوا الوقت الذي يكون فيه نجم الشعري اليمانية في موقع معين في شرق السماء بداية لتلك السنة. فعندما يظهر هذا النجم، كان معنى ذلك اقتراب وقت فيضان النيل، كما أنهم عمدوا إلى نحت بواطن الجبال ليقيموا بداخلها معابد ومدافن، اتخذوا في عمارتها ونحتها شروطا فلكية، كسقوط شعاع الشمس على جبهة المتوفى في أوقات محددة، أو ظهور نجم معين في يوم من السنة خلال فجوة في سقف المقبرة.

ومنذ العصور الأولى قام الكهنة بتعيين منطقة البروج Zodiac وهي النطاق الذي توجد فيه الشمس والقمر والكواكب دائما، والشمس «تسير» في منتصف هذا النطاق على خط يسمى دائرة البروج Ecliptic، وهذا النطاق يلتف حول السماء كلها ويقسم إلى اثني عشر برجا Signs of Zodiac نعرفها معرفة وثيقة عن طريق التنجيم.

أما الرعاة فيما بين دجلة والفرات فقد كانوا يرون أن الأرض مسطح يتناهى وراء الأفق، أما فوق رؤوسهم فقد كانت تترامى القبة الفلكية والفضاء اللانهائي. وقد صورت لهم مخيلتهم أن مجموعات بعض النجوم قد اتخذت شكل الراعي Bootes كالذي يقود أمامه قطيعا، ورأوا أن النجوم تدور حول النجم القطبي Polaris في مدى أربع وعشرين ساعة، وأن الصياد الأكبر Orion يشرق من الشرق ويذرع السماء قبل أن يغيب في الغرب.. أما الكواكب السيارة الخمس-التي كانت معروفة في ذلك الوقت-فقد كانت أغناما جوالة تدب ببطء بين النجوم، وليس لها صورة تثبت على حال.

لا ريب أن الكثير من كتب القدماء فقدت ومنها كتب علم الفلك، فصارت أفكارهم تصل إلينا عن طريق الحكايات والأساطير. وأشهر الكتب التي وصلت إلينا هي كتاب بطليموس المسمى (المجسطي)، وأما قبل ذلك فلدينا موسوعة أرسطوطاليس و آراء أفلاطون الفلسفية.

ويعتبر طاليس من أوائل من نعرف من الفلاسفة الذين تكلموا في علم الفلك، واليه ينسب التنبؤ بكسوف الشمس الذي حدث عام 585 قبل الميلاد، كما قام بقياس قطر الشمس الزاوي Angular Diameter فوجده جزءا من ستين جزء من البرج أي نصف درجة.

وجاء اناكسيماندر-مساعد طاليس-بنظريات غريبة عن القبة الفلكية، فكان يراها جسما صلبا فيه ثقوب ترى منها النار المتأججة خلفها، فيخيل للرائي أنها النجوم والشمس والقمر، ولنأخذ مثالا على منطق ارسطوطاليس-تلميذ أفلاطون-في كيفية إثبات كروية الأرض. إن القمر مقابل للشمس عند الخسوف الكلي، فالإظلام بناء على ذلك ناتج عن ظل الأرض، وللظل دائما حافة مستديرة مهما كان موضع البدر، فالأرض إذن هي ذات الشكل المستدير أي أنها كروية.

واهتم علماء الإغريق بالشمس وتوابعها، إلا أن تطور مفاهيمهم كان بطيئا، وقد استرعى انتباههم أن بعض النجوم تزيد لمعانا عن الأخرى وقد وصفوا هذه الفروق وصفا دقيقا. وقسموا النجوم بناء على ذلك إلى ستة أقدار Magnitudes، وتم تصنيف ألمع نجوم السماء من القدر الأول وذات اللمعان المتوسط من القدر الثاني والتي يقل لمعانها عن ذلك من القدر الثالث، وفي الطرف الآخر من الجدول وضعت النجوم التي لا تكاد ترى بالعين المجردة في القدر السادس.

إن لمعان النجم، كما تراه العين البشرية، لا يعتمد كثيرا على لمعانه الحقيقي بقدر ما يعتمد علي بعده عنا، ومقدار لمعان النجم بالنسبة للعين المجردة يسمى بالقدر الظاهري، وهذا يأخذ في الاعتبار اللمعان الذي يظهر عليه النجم فقط وليس لمعانه الحقيقي.

وقد كان الفلكي الإغريقي هيبارخوس (عام 150 قبل الميلاد) هو أول من حاول تقسيم الأقدار الظاهرية للنجوم، ففي مصنف يضم اكثر من 1000 نجم، اتخذ هيبارخوس لألمع نجم القدر الأول ومد مقياس الأقدار حتى القدر السادس وبقي هذا النظام في تقسيم اللمعان سائدا، حتى تم إدخال المناظير الفلكية القوية جدا والألواح الفوتوغرافية شديدة الحساسية، ليتمكن العلماء من اكتشاف نجوم أكثر خفوتا حتى وصل أخفت نجم يمكن تصويره إلى القدر الثالث والعشرين.

ورسم أيضا علماء الإغريق صورة أخرى للسماء في محاولة منهم لتفسير تحركات الأجرام السماوية وأوضحت هذه الصورة، التي أكملها الفلكي بطليموس (سنة 140 ميلادية)، وأطلق عليها نظام بطليموس Ptolemaic، أن الشمس والقمر والكواكب السيارة تدور حول الأرض في مسارات معقدة،

وأن الأرض هي مركز الكون وظلت هذه النظرية سائدة 16 قرنا من الزمن.
وفي نظام بطليموس تتحرك الأجرام السماوية كلها ما عدا الأرض. فكوكب المريخ مثلا يتحرك حول دائرة صغيرة هي الفلك الدائر الذي يتحرك مركزه أيضا في مدار آخر حول الأرض، والمريخ يستغرق سنة لكي يدور مرة حول الفلك الدائر، و 687 يوما ليدور في المدار الرئيسي حول الأرض، أما الزهرة وعطارد-الكوكبان الواقعان ما بين الأرض والشمس-فيتحركان بشكل آخر، فمركز الفلك الدائر لكل منهما قائم على خط مرسوم بين الأرض والشمس، وكل منهما يدور حول الفلك الدائر في أقل من سنة وازدواج الحركتين يصنع التواء حلقيا ولهذا يتحرك الكوكبان حركة عكسية عندما يكونان في أقرب وضع لهما من الأرض.

أما الشمس والقمر فيتحركان في أفلاك دائرية صغيرة، إنما في اتجاه معاكس لاتجاهات الكواكب كلها، وبهذا النظام أمكن لبطليموس أن يتنبأ بمواضع الكواكب والأجرام السماوية الأخرى بدقة كبيرة، ولكنه ارتكب خطأ بافتراضه أن الأرض هي مركز الكون.

## العرب... والفلك

لم يكن لدى عرب الجاهلية دراسات منتظمة في علم الفلك، ولا أرصاد مبنية على أساس الأجهزة العلمية، بل إن معلوماتهم في هذا الشأن كانت لا تخرج عن رغبتهم في الاسترشاد بالنجوم في الصحراء لتحديد اتجاه سيرهم خوفا من تعرضهم للهلاك في مجاهلها، هذا بالإضافة إلى طبيعة حياتهم في الخلاء وجلوسهم أمام خيامهم في الليل، مما دفعهم إلى إمعان النظر الدائم في النجوم والكواكب واختيار أسماء لها كالشعري اليمانية. وكان القمر اكثر الأجرام السماوية جذبا لانتباههم بسبب ذلك التغير الدوري المنتظم في أوجهه من النقصان والزيادة، كما أنه أثار الدهشة لتغير مواقعه في السماء بين النجوم وعودته إلى مكانه الأول، كل حوالي ثمانية وعشرين يوما يقطع فيها دائرة سماوية كاملة.

وقد قسم العرب في الجاهلية تلك الدائرة إلى ثمانية وعشرين قسما، يحل القمر في كل منها يوما كاملا أو كما يظهر للراصد في كل قسم.. فهو في هذا أشبه بالمسافر كلما جن عليه الليل هرع إلى منزله للمبيت فيه حتى

الصباح، ولذا أطلقوا على تلك الأقسام اسم (منازل القمر).

ظل حال الفلك عند العرب كما ذكرنا حتى ظهر الإسلام، وبعد ذلك كان اهتمام الخلفاء موجها للفتوحات الجديدة وتثبيت دعائم الحكم اكثر من قرن، وان كان بعضهم قد أبدى اهتماما بالعلوم، إلا أن ذلك اقتصر على الطب والتنجيم كما حدث أيام الدولة الأموية. ومند بداية حكم العباسيين بدأ تطور شامل في نهضة العرب العلمية، وكانت تلك النهضة من القوة إلى درجة أن أصبحت اللغة العربية لغة علمية دولية، على كل راغب في متابعة احدث التطورات والأبحاث العلمية دراستها واتقانها. فعندما تولى الحكم الخليفة أبو جعفر المنصور (754-775 ميلادية)، رأى أن ينقل مقر الحكم إلى عاصمة جديدة بدلا من مدينة الأنبار على نهر الفرات، فاختار لذلك موقع مدينة بغداد التي أصبحت فيما بعد اكبر مركز علمي يسعى إليه طلاب المعرفة.

وقد عرف الخليفة المنصور بتشجيع العلم وحبه له، فالتفت إلى بناء نهضة علمية شاملة وكان السبيل إلى ذلك هو الإفادة مما وصلت إليه الحضارات الأخرى، فجمع حوله عددا كبيرا من العلماء الذين أخذوا يترجمون كل ما يقع تحت أيديهم من المراجع الأجنبية العلمية، وكان من أهمها مرجع هام في علم الفلك اسمه (السدهانت) حرفه العرب فيما بعد إلى (السندهند)، الذي أصبح بعد أن تمت ترجمته، نبراسا يسير على هديه علماء الفلك العرب منذ نصف قرن من الزمن.

و (السندهند) ليس كتابا واحدا: بل هو في الحقيقة خمسة مؤلفات منفصلة من أوائل ما كتب علماء الفلك في الهند، ومن العلماء العرب الذين قاموا بترجمة (السند هند) واهتموا بعلم الفلك، إبراهيم الفزاري الذي اتجه أيضا إلى العناية بأجهزة الرصد فقام بصنع أول جهاز ليستعمله العرب لتحديد ارتفاع النجوم والكواكب لاستنتاج الوقت وخط العرض: والمسمى الإسطرلاب كما كتب عدة مؤلفات فلكية أهمها كتاب (العمل بالإسطرلاب لمسطح). وكلمة (الإسطرلاب)، قال عنها بعض المؤرخين أنها مأخوذة عن الكلمة الفارسية (اشتاره ياب)، وذكر آخرون أنها كلمة يونانية أصلها (اسطرليون)، والمعنى في كلتا الحالتين هو متتبع النجوم.

وفي عهد الخليفة المأمون، تم في بغداد إنشاء أكاديمية علمية أطلق

عليها (بيت الحكمة)، وألحقت بها مكتبة ضخمة ومرصد تم بناؤه تحت إشراف سند بن علي رئيس الفلكيين في ذلك الوقت، وقد عزز هذا المرصد بأجهزة فلكية دقيقة واجتمع فيه حشد من كبار علماء الفلك، دأبوا على تسجيل أرصاد لمختلف الظواهر الفلكية بصفة مستمرة، وذلك لأول مرة في تاريخ علم الفلك، وكانت تلك الأرصاد تؤخذ بطريقة علمية وتسجل في مؤلفات عديدة.

وكان من أشهر الراصدين في ذلك الوقت، أحمد بن عبد الله المروذي الشهير بالحاسب، وقد أطلق عليه هذا اللقب من أجل مؤلفاته المبنية على الحسابات الفلكية، كما أنه أول من أدخل طريقة تحديد الوقت أثناء النهار، برصد ارتفاع الشمس عند الأفق، وهي الطريقة التي تبناها من بعده علماء العرب في أعمالهم الفلكية. وهناك أيضا فلكي شهير في عهد الخليفة المأمون هو أبو العباس أحمد بن الفرغاني، الذي ذاع صيته لتعدد في الدراسات التي قام بها، والمؤلفات الكثيرة التي وضعها في علم الفلك وبخاصة كتاب (الحركات السماوية وجوامع علم النجوم)، الذي ترجم إلى اللاتينية وصار أحد المراجع الهامة التي اعتمدت عليها دراسات علم الفلك في أوروبا في القرنين الخامس عشر والسادس عشر.

وتلا هؤلاء العديد عن علماء الفلك العرب مثل أبي عبد الله محمد بن عيسى المهاني، الذي كان من أدق الراصدين العمليين وبخاصة في ظواهر الخسوف واقترانات الكواكب.

وأيضا أبو الحسين عبد الرحمن بن عمر الصوفي، أحد كبار الفلكين العرب الذين دفعوا عجلة النهضة الفلكية إلى الإمام، ويشهد بذلك كتابه الشهير (صور الكواكب الثابتة) الذي وضعه على أساس الأرصاد الدقيقة لمواضع النجوم المختلفة، وقياس مقدار لمعانها ثم توزيعها على المجموعات النجمية في رسم دقيق لكل مجموعة مصورا مواضع نجومها بالنسبة لبعضها البعض، وتلا ذلك جدول تفصيلي اثبت فيه أرقام تلك النجوم أو أسماءها التي اشتهرت بها إلى جانب نتائج أرصاده التي أجراها عليها من مختلف الوجوه، أما العالم الفلكي المعروف أبو الريحان البيروني، فقد أضاف الكثير من معلوماته الفلكية في كتابه (القانون المسعودي).

لقد كان الاعتقاد السائد عند علماء الفلك العرب أن الكون (جسم

كروي متناه ني حواشيه، بعضه ساكن في جوفه وما حول هذه الساكنات في أطرافه، فهو متحرك حركات مستديرة مكانية حول الوسط الذي هو حقيقة السفل ومركز الأرض)، ويقصدون بذلك أن الفضاء عبارة عن (مادة) متخذة شكلا كرويا، والجزء الداخلي من هذه الكرة ساكن لا يتحرك، بينما باقيها يدور حول نفسه دون أن يتحرك من مكانه إلى مكان آخر، بينما الأرض موجودة في الوسط بحيث ينطبق مركزها على مركز الكون. وكان علماء الفلك العرب يرون أن الجزء المتحرك من الكون، وهو ما سموه بالأثير، هو ما توجد فيه النجوم والكواكب السبعة المعروفة آنذاك. أما الجزء الساكن فيحتوي على الأرض في الوسط، وقسموا الجزء المتحرك إلى ثماني حلقات يختص كل كوكب بحلقة منها لا يتجاوزها ولكنه يتحرك في حدودها، أما الكرة الثامنة فهي التي تحتوي على النجوم.

ولو نظرنا إلى ما أسموه بالكواكب السبعة (من القمر إلى زحل) لوجدنا أن الشمس-و قد اعتبروها كوكبا-تقع في وسطها، ولذلك أطلق على الكواكب الثلاثة الداخلية (القمر وعطارد والزهرة) الكواكب السفلية، بينما أطلق اسم الكواكب العلوية على (المريخ والمشترى وزحل).

ويرجع السبب في تسمية النجوم بالكواكب الثابتة، هو أن أوضاعها بالنسبة لبعضها بعضا ثابت لا يتغير بمرور الأيام، بينما للكواكب الأخرى حركات سريعة سواء بالنسبة لبعضها بعضا أو بالنسبة للنجوم. وهم في هذا التقسيم اعتبروا كل ما هو متحرك بالنسبة للنجوم كوكبا، فاستبعدوا من ذلك كوكب الأرض لأنهم لم يلمسوا حركتها في الفضاء سواء بالدليل الحسي أو العلمي، بينما أدخلوا الشمس والقمر في مجموعة الكواكب على هذا الأساس.

وقد أطلق العرب على مجموعة النجوم اسم (الكوكبة) Constellation مثل كوكبة الدب الأصغر وكوكبة الدب الأكبر والجاثي والدجاجة وذات الكرسي.. الخ.

وتقسيم النجوم إلى كوكبات، لم يمنع علماء الفلك العرب من اختيار أسماء خاصة لأكثر النجوم لمعانا في السماء، وقد انتقلت بعض الأسماء العربية إلى اللغات الأجنبية وظلت مستخدمة كما هي حتى الوقت الحاضر مثل الطائر Altair وأبط الجوزاء Betelguese وفم الحوت Fom Al Hout والغول

Algol والرجل Rigel وفي العصر الفاطمي، برز عبد الرحمن بن يونس المصري كأحد الفلكيين المشهورين، وقد رصد ابن يونس كسوف الشمس وخسوف القمر في القاهرة عام 978 ميلادية، وهو أيضا الذي اخترع البندول وبنلك يكون قد سبق جاليليو بعدة قرون. أما القزويني-فإلى جانب اشتغاله بالقضاء-فقد كان معنيا بالتأليف في علم الفلك وقسم الكون إلى علوي وسفلي، وقد عنى بالعلوي كل ما يتعلق بالسماء من كواكب وبروج ومدارات ومجرات والشمس والقمر، كما تحدث عن كواكب الزهرة والمريخ والمشتري وعطارد وزحل وربط بين حركتي المد والجزر وتحركات القمر.

## ثورة كوبرنيكوس العلمية

تمكن أربعة علماء فلك أوروبيين، عاشوا في القرن السادس عشر والسابع عشر من تقويض فكرة بطليموس القائلة لأن الأرض مركز الكون.

ففي سنة 1543 قلب الفلكي نيقولا كوبرنيكوس (1473-1543 ميلادية)، هذه النظرية رأسا على عقب حين قال في كتابه (دوران الأجسام السماوية)، أن الشمس يجب أن تكون مركزا لكل شيء، حتى تتمكن من أن تمد سائر الكواكب السيارة بالضوء. وعندما جرب بعض علماء الفلك الإنجليز والألمان بشكل خاص، أن يعتنقوا فرضيات كوبرنيكوس، وحسبوا مواضع الكواكب بناء على نظريته وجدوا من الناحية العملية أن نظام كوبرنيكوس Copernical System أسهل استخداما من نظام بطليموس، ويعطي تنبؤات أكثر دقة، برغم أن كوبرنيكوس قد افترض خطأ أن الكواكب السيارة تتبع في حركات مدارات دائرية تماما.

وحيث أن كل نظرية علمية يجب أن تخضع لتجارب عديدة وقياسات أرصاد كثيرة باستمرار، إلا أن كوبرنيكوس عندما توفي في عام 1543، لم يترك سوى سبعة وعشرين رصدا بدلا من الآلاف اللازمة لذلك، ومع هذا فكانت نظريته عن مركزية الشمس أدق وأوضح مما سبقها. ولقد قدر لأعمال الفلكي الدانمركي تايخو براهي (1541-1601 ميلادية) أن تؤدي دورا حيويا في إثبات نظرية كوبرنيكوس فقد ولد براهي بشخصية تنسجم انسجاما وثيقا مع تنظيم الأرصاد الفلكية ففد كان ابن نبيل دانمركي على درجة كبيرة من الثقافة العلمية كما كانت له طاقة بلا حدود على العمل.

وقد حدثت سلسلة من الأحداث الغريبة، جاءت بتايحو براهي إلى علم الفلك، ففي الثالثة عشر من عمره رأى كسوفا جزئيا للشمس فأثر في نفسه أبلغ الأثر. كما راعه أن رأى في السماء انفجارا هائلا لنجم (سوبرنوفا)، وهذا الحدث نادر جدا في حياة البشرية، فأخذ يقيس بعد هذا النجم من عدة مدن، كما انه صمم أجهزة فلكية أكبر وأكثر اتقانا من الناحية الهندسية والعلمية، تفوق أية أجهزة أخرى سبق استخدامها في أي وقت من الأوقات.

وقد بنى براهي مرصدا فريدا في عام 1576 ميلادية أطلق عليه (يورانيبرج) ومعناه (قلعة السماء)، وقد أخذ ومعاونوه بقياس مواضع النجوم والكواكب في السماء مدة تزيد على عشرين سنة، جامعين البيانات اللازمة لرصد الأجرام الفضائية. وكان براهي يؤمن بنظام ثالث أطلق عليه (النظام التايخوي)، وهو غير نظامي بطليموس وكربرنيكوس ويقول فيه أن الكواكب تدور حول الشمس وان كل هذه المجموعة تدور حول الأرض، وكان هذا النظام الجديد تسوية بين النظامين الآخرين: فبينما تدور الكواكب حول الشمس حسب رأي كوبرنيكوس، إلا أن الأرض ثابتة راسخة حسب نظرية بطليموس.

وبرغم هذا، فان أبحاث تايخو براهي الفلكية التي زاد عليها علماء لاحقون، ساعدت على إقامة الدليل على صحة نظرية كوبرنيكوس.

لقد كانت نظرية تايخو براهي بغير الحسابات الفلكية اللازمة مجرد خيال لا طائل تحته ومن ثم كان بحاجة إلى عالم رياضي يساعده، وإلا ضاعت كل أرصاده وعمل السنوات العشرين هباء وكان الشخص الوحيد الذي يستطيع أن يمد له يد العون هو جوهان كبلر (1571-1630)، الشاب الذي يدرس الرياضيات وقد بدت منه مهارة فائقة عندما كان يحسب مدارات الكواكب، وغدا كبلر مساعدا لبراهي فاستخدم أرصاده وأثبت أن مدارات الكواكب السيارة ليست دائرية تامة، كما كانت تقضي قواعد الكون عند كوبرنيكوس، بل هي قطع ناقص أو اهليليجية Elliptical وان الشمس تحتل إحدى بؤرتي القطع الناقص، وكان هذا أول قانون من قوانين كبلر الثلاثة التي تحكم النظام الشمسي.

أما القانون الثاني فهو أن الكواكب السيارة تزيد سرعتها عندما تقترب في مداراتها البيضاوية من الشمس، بالمقارنة بسرعتها في أجزاء مداراتها

البعيدة عن الشمس.

وقال كبلر في قانونه الثالث أن مربع زمن الدورة لأي كوكب يدور حول الشمس تتناسب مع مكعب بعده عنها، وبالجمع بين هذه القوانين الثلاثة يتضح أن ثمة قوة جاذبية تعمل بين الأجرام السماوية.

لقد كان من طموحات كبلر منذ شبابه أن يكتشف العلاقة بين أبعاد الكواكب، لكي يتجلى أمام عينيه ذلك الانسجام الرائع الذي صنعه الخالق جل شأنه، ولهذا يسمى القانون الثالث أيضا بالقانون التوافقي Harmonic، فهو يبين في الواقع أن هناك تأثيرا جوهريا بين الكواكب والشمس.

وهذا القانون التوافقي هو الذي قاد نيوتن إلى نظرية الجاذبية، فالوقت الذي يستغرقه الكوكب في قطع الرحلة الواحدة حول الشمس بادئة ومنتهية في نقطة تقع على خط يصل بين أحد النجوم البعيدة، هو ما يسمى (بالفترة الفلكية).

وقد تمكن كبلر أيضا من حساب مدارات القطع الناقص (الاهليليجي) لكواكب المجموعة الشمسية في مداراتها حول الشمس، ومن ثم حطم الفكرة القديمة القائلة بأن مسارات الكواكب السيارة دائرية الشكل، وأوضح بذلك معالم القوانين الأساسية للنظام الشمسي كما هو معروف في الوقت الحاضر.

وجاء جاليليو جاليلي (1564-1642)، ليصوب للمرة الأولى التلسكوب إلى السماء عام 1609- ويظن المؤرخون أن صانع النظارات الهولندي هانز ليبرشي هو الذي صنع أول تلسكوب في العالم-انتابته الدهشة إذ وجد نفسه وجها لوجه مع نظام كوبرنيكوس الفلكي، الذي ينص على أن الشمس وليست الأرض هي مركز مجموعتنا الشمسية. لقد رأى جاليليو أربعة أقمار تدور حول كوكب المشترى، وهو ما يثبت أن الأرض ذات القمر الواحد لا يمكن أن تكون أبرز عضو في المجموعة السماوية، كذلك أمكن أن يراقب كوكب الزهرة، فوجد أنه يظهر وجها كامل الإضاءة حين يكون قريبا من الشمس، وهذه الظاهرة لا يمكن تفسيرها على أساس نظام بطليموس، بل يمكن تعليلها حسب نظام كوبرنيكوس الذي يقضي بأن يدور كوكب الزهرة حول الطرف القصي من الشمس، وقد أقنعت هذه المشاهدات الفلكية جاليليو بالتحمس لنظرية كوبرنيكوس.

## ملكوت الجاذبية

قدم اسحق نيوتن (1642-1727) الكثير من النظريات الفيزيائية للعالم، وبذا أثرى الفكر البشري بالعديد من الأفكار العلمية الناضجة المتقدمة. ويقترن اسم نيوتن دائما بقوانين الحركة وقانون الجاذبية العام، وقد كانت السنوات الثلاث-من سن الثالثة والعشرين حتى السادسة والعشرين-أكثر سنوات حياته إنتاجا. ففي هذه الفترة، اكتشف قوة التجاذب بين كل الأجسام في النظام الشمسي، أي قوة الجاذبية، ثم بين أن قوانين كبلر الثلاثة هي النتيجة المباشرة لقانون الجاذبية، وأن حركة الكواكب كلها خاضعة لهذا القانون.

درس نيوتن علم البصريات، فوجد أن الضوء الأبيض يمكن أن ينقسم بوساطة منشور إلى الألوان التي يتركب منها، ولم يعرف من قبل أن الضوء الأبيض هو خليط من جميع ألوان قوس قزح مزجت معا. وقد فسر نيوتن أيضا سبب المد والجزر وانتفاخ الأرض عند خط الاستواء وتقدم الاعتدالين، وفوق هذا كله وضع لنا أسس فيزياء الحركة حسب المفهوم النيوتني.

وقد أثبت نيوتن أيضا أن الجاذبية قوة كونية، وأن كل جسمين تجذبهما قوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما، وتقل عكسيا بحسب مربع المسافة بينهما، وقد أوضح نيوتن أن هذه القوة موجودة في جميع الأجسام في الكون.

وكانت العقبة الكبرى التي واجهت نيوتن هي حساب قوة الجاذبية على سطح الأرض، فان كل شيء في الوجود يجذبنا إليه وكلما كانت الأجسام أكبر كلما كانت قوة الجذب اكبر، فسلسلة الجبال البعيدة والصخور التي في باطن الأرض، كلها تمثل قوى جذب تؤثر علينا، ويجب إضافة هذه القوى كلها للحصول على محصلتها وهو ما نطلق عليه (الوزن).

وأخيرا اهتدى نيوتن إلى الحل ووجد أن المسألة غاية في البساطة، فقد اثبت أن الأرض كروية تسلك سلوكها كما لو كانت كل الكتل قد جمعت في نقطة واحدة في المركز، فأطلق عليها مركز الجاذبية. وبعد حل هذا التكامل أصبح بإمكانه أن يربط قوى الجاذبية على سطح الأرض بقوى الجذب القائمة بين الأرض والقمر، وباقي الأجسام الفضائية الأخرى.

وقد نشر السير اسحق نيوتن أبحاثه عام 1687 في كتاب سماه الأصول

Principia أو الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعية.

## النظرية النسبية.. تغير الفكر البشري

لا شك أن اغلب العلوم الحديثة ومنها علم الفلك، تدين بالفضل إلى البرت اينشتين (1879- 1955) نابغة القرن العشرين، الذي أدى ولعه بالعلوم الرياضية البحتة، إلى اكتشاف أخطر الآراء العلمية التي ظهرت حتى الوقت الحاضر، فبدلت صورة الكون المحدود التي ارتسمت في أذهان القدامى وعدلت أسرار الجاذبية التي كشف أسسها نيوتن، كما أوضحت للناس مدلول الطاقة والحركة والسرعة.

أن فكر أينشتين قد تحرر بفعل معادلاته الرياضية، من قيود المكان وأبعاده الثلاثة إلى بعد رابع غفل الناس عنه، وهو الزمن. وقد نشر اينشتين أولى نظريتيه عن النسبية عام 1905، وهي نظرية النسبية الخاصة، ثم أعلن نظرية النسبية العامة بعد ذلك في عام 1916.

ولا ريب أن نظريتي النسبية العامة والخاصة، قد خلقتا بعدا جديدا للكون، وربطتا بين المادة والحركة والطاقة والكتلة والمكان والزمن، فكان لهما التأثير الأكبر على المفهوم الحديث للكون.

واستطاع أينشتين أن يصوغ فلسفته الرياضية ونظرياته في النسبية الخاصة والعامة بقوانين ومعادلات تجريبية، وقرر أنه لا وجود للزمن والمكان المطلقين وإنما هما نسبيان، وما الوجود كله وما فيه إلا متصل زماني- مكاني Spacetime Continuum ذو أربعة أبعاد، وأساس هذه الأبعاد الأربعة هو أن الزمن بعد رابع بالإضافة إلى الأبعاد المكانية الثلاثة المعروفة. وقد جاءت قوانين أينشتين لتنفي فكرة العبثية عن الكون، ولتثبت أن الظواهر الكونية كلها تخضع لقوانين رياضية ثابتة.

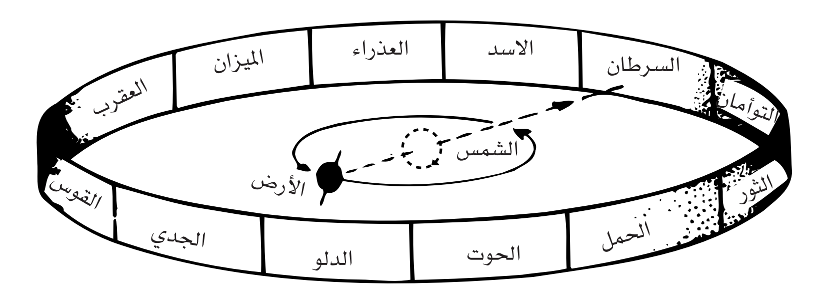
ولعل جوهر نظرية النسبية العامة، هو أن وجود المادة يغير شكل الفضاء ويجعله يتقوس، وفي البدء نشأ مفهوم تقوس الفضاء Curvature من الهندسة متعددة الأبعاد التي لا تأخذ بفكرة الخط المستقيم بل الخط المنحني. وكان على أينشتين في نظرية النسبية الخاصة أن يهجر فكرة الفضاء المطلق لكي يتعرف على طبيعة الضوء، وفي النسبية العامة تجاوز ذلك إلى ما هو أبعد، فقد لاحظ أن وجود المادة في الفضاء يخلق دائما مجالا مقوسا

للجاذبية أو القصور الذاتي Inertia-أي الذي يجعل المادة تقاوم التغيرات في اتجاه حركتها-وهذا من شأنه أن يجعل للأجسام أشكالا كروية، وان تتخذ الأجسام الفضائية التابعة لها مدارات بيضاوية الشكل.

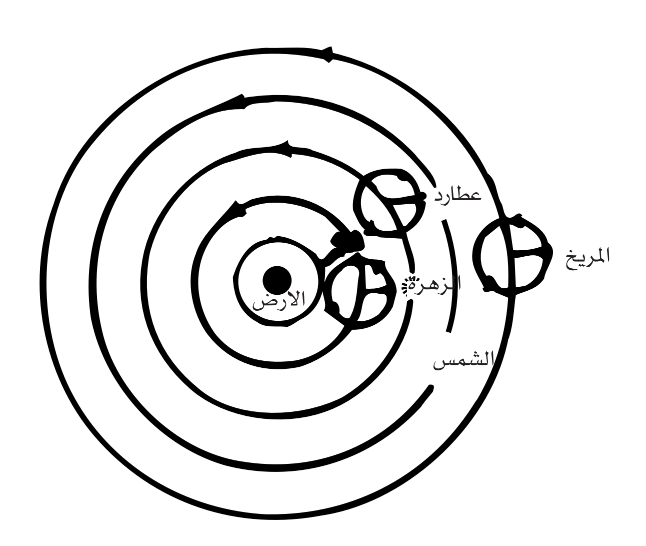
ويقول أينشتين في النظرية النسبية الخاصة، أن المكان نسبي نجد الكون لأننا نتحرك مع سطح الكرة الأرضية وهي تدور حول نفسها، وثانيا نتحرك مع الأرض نفسها وهي تدور حول الشمس، وثالثا الشمس مع الأرض وبقية الكواكب التسعة تسير بالنسبة إلى نجوم مجرتنا (الطريق اللبني Milky Way) ورابعا فان مجرتنا-كالمجرات الأخرى-تدور حول نفسها وشمسنا تدور معها بالطبع، وخامسا فان مجرتنا-كباقي المجرات-منطلقة في الفضاء متباعدة عن أخواتها.

أن كل مكان في الكون هو في حالة حركة بالنسبة للكون ككل، وما نحن إلا مسافرون على ظهر كوكبنا الأرضي نخترق الفضاء في رحلة أبدية.

وللتدليل على نسبية الزمن، قال أينشتين بأننا إذا أردنا قياس الزمن بالنسبة إلى حادثة كونية، وكلفنا بذلك شخصين في كوكبين مختلفين، فانهما سيسجلان زمانين مختلفين، حتى إذا استخدما نفس أدوات قياس الوقت.



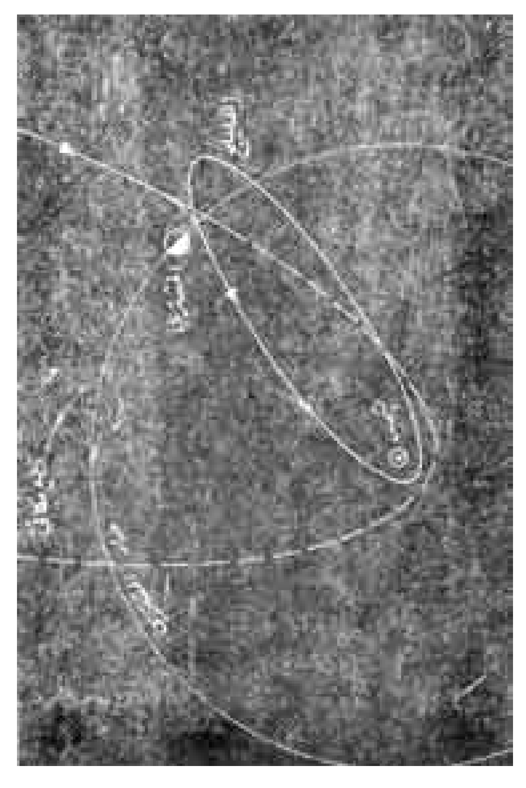

شكل(2): لما كانت الارض تدور حول الشمس مرة كل سنة، فانها اذا انتقلت من موضع لآخر خيل الينا ان الشمس هي التي انتقلت من برج لآخر.



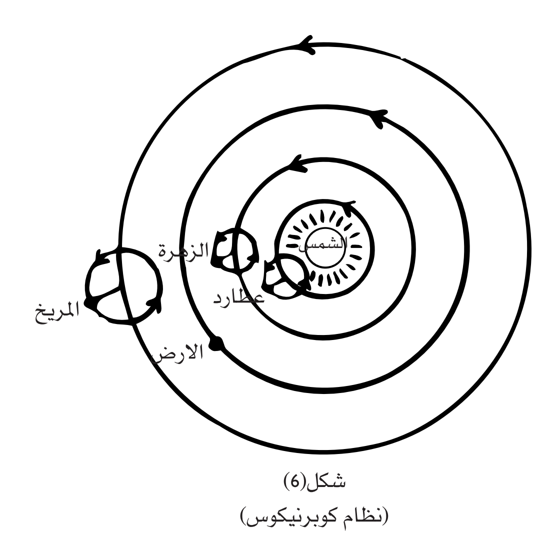

شكل(3): نظام بطليموس



شكل(4): الاسطرلاب



شكل(5): القطع الناقص (الاهليلجي)




شكل(6)
(نظام كوبرنيكوس)



شكل(7): سديم رأس الحصان، وهي سحابة من الغبار الكوني البارد تنتصب أمام طاقة متوهجة تنبعث من النجوم القريبة.

# 2 أعظم دراما في التاريخ

## الجزر الكونية

لا بد أن تكون الظواهر الفلكية المختلفة، قد راعت الإنسان منذ فجر التاريخ ولذلك نراه قد اتخذ من بعض الأجرام السماوية آلهة. ومنذ آلاف السنين والإنسان يرقب السماء بخيال خصيب ورهبة وخشوع، وكان من المستحيل على الشعوب القديمة أن تفسر الظواهر الطبيعية كما نفسرها في الوقت الحاضر، وربما يرجع بدء التفكير العلمي إلى المحاولات الأولى التي قام بها الإنسان لاستخدام السماء كتقويم أو وسيلة لتحديد الوقت.

ولكن بعد تقدم العلوم الفلكية، واختراع التلسكوب، أمكن للإنسان أن يتطلع إلى الوحدات الأساسية للكون، السدم والمجرات.

أما السدم (أو السدائم) Nebulae فهي أجرام سماوية هائلة، سحابية الشكل يقدر عددها بالملايين لكننا لا نرى إلا القليل منها بالعين المجردة، وذلك لان بعضها معتم والبعض الآخر سابح في الفضاء السحيق، والسدائم المضيئة تستمد نورها من إشعاعات النجوم التي تتخللها، فذرات السدائم تمتص الضوء ثم تعيد إشعاعه في موجات متباينة الطول.

وقد يطلق اسم (سديم) على أنواع مختلفة من الأجرام السماوية، ليس بينها تشابه سوى مظهرها الضبابي، فهناك سدائم غازية تتكون من غازات غاية في الخلخلة وهي غالبا منتشرة بلا نظام في منطقة بالفضاء تحتوي على عدد هائل من النجوم، وغالبا ما تكون هذه السدائم مجرية أي في داخل مجره.

والسدائم المجرية توجد في اتجاه المجرات وأحيانا داخلها، وتكون جزءا منها. وهي أما سدائم غازية أو معتمة أو كوكبية، فالنوع الأول يتكون من جزيئات غازية قليلة الكثافة جدا، أما الدائم المعتمة فتوجد في الأماكن الخالية من النجوم أو التي يقل فيها عدد النجوم بالنسبة إلى المناطق المحيطة بها. وفي السدائم الكوكبية تكثر النجوم المتفجرة ويوجد في مركز معظمها نجم شديد الحرارة، ويعتقد علماء الفلك بأن المادة المكونة لهذا النوع من السدائم، هي المادة التي أطلقتها النجوم المتفجرة أثناء ثوراتها.

أما السدائم اللامجرية، فتحتوي على نجوم كثيرة مفردة ولكنها خافتة، وتختلف أشكال تلك السدائم اختلافا كبيرا وتتميز بأنها تدور حول نواة أي مركز غير نجمي، بيد أن الأجزاء الخارجية منها تتكون من النجوم، ويبدو أن تلك الصور المختلفة التي تظهر بها السدائم تمثل حلقات في تطورها.

وتدور السدائم بسرعة مذهلة، تصل إلى بضع مئات من الكيلومترات في الثانية في شبه حركة متماسكة، ومع ذلك فأية نقطة في السديم قد تحتاج إلى بضعة ملايين من السنين لتتم دورة كاملة حول مركزه، ويرجع ذلك إلى الحجم الهائل الذي تتميز به السدائم.

أما المجرات Galaxies فهي وحدات الكون العظمى، وهي تنتشر بجلال في أجزاء متفرقة من الفضاء الكوني اللامحدود ومن ثم يطلق عليها الجزر الكونية. وهي تتكون من آلاف الملايين من الأجرام السماوية من سدائم ونجوم وكواكب ومذنبات ونيازك وغبار كوني وغازات، تدور بعضها حول بعض، وتربطها الجاذبية فتجعلها وحدة عظيمة متماسكة. والمجرات هي مكان مولد النجوم.. ومقابرها. ولا تتوزع المجرات في الفضاء بانتظام، وإنما توجد في حشود وهي تنتشر في أشكال مختلفة. وما المجموعة الشمسية بنجومها وكواكبها وأقمارها، وكل أجرامها السماوية الأخرى، ألا جزء ضئيل للغاية من مجرة من بلايين المجرات مختلفة الأشكال والأحجام

التي يحتوي عليها الكون.

ويرى بعض علماء الفلك أن المجرات تتباعد بعضها عن بعض بسرعات كبيرة جدا، فيزداد بذلك حجم الكون بل ويذهبون إلى أنها تتراجع تراجعا سريعا عن مجرتنا، وأطلقوا على هذه النظرية (الكون المتمدد).

## نهر من «الفضة».. في السماء

إذا تطلعنا إلى السماء، لبدا لنا ما يشبه النهر من الفضة يجرى خلال الفضاء متألقا، وإذا دققنا النظر لوجدناه يتكون من نقط ضوئية دقيقة تبلغ من الصغر والخفوت ما يحول دون تمييزها كنجوم مستقلة، ويجعلها تبدو على هيئة غبار فضي ممتد في كبد السماء، وهذا ما يعرف بالطريق اللبني أو طريق التبان Milky Way وهي المجرة التي تحتوي مجموعتنا الشمسية بالإضافة إلى حوالي 130 بليون (ألف مليون) نجم آخر.

أن الشمس وباقي الكواكب التسعة أعضاء في هذا التجمع الهائل من النجوم، ومجرتنا على شكل قرص لولبي أو حلزوني سميك المركز وقليل السمك عند الحافتين ويبلغ قطره حوالي مائة ألف سنة ضوئية، وسمكه عند المركز حوالي خمسة عشر ألف سنة ضوئية، وتأخذ في النحافة بالبعد عن هذا النتوء المركزي إلى ناحية الحافتين.

وتقع المجموعة الشمسية على مسافة حوالي ثلاثة وثلاثين ألف سنة ضوئية(*) من مركز المجرة في أحد أذرع اللولب أو الحلزون أي عند ثلثي الطريق إلى حافة المجرة، على ذلك الخط الوهمي الذي نتخيله مارا خلال هذا القرص الجبار.

والفضاء بين مكاننا ومركز مجرتنا مليء بسحب الغاز الكوني، و الأمر الذي يجعل محاولتنا معرفة شكل مجرتنا وتركيبها أمر مشوب بصعوبات جمة. ولكن أمكن لعلماء الفلك، بدراسة مجرات خارجية، استنتاج أننا نعيش في مجرة لولبية أوضحت دراستهم لها، تشابها في خواصها مع المجرات اللولبية الأخرى.

---

(*) السنة الضوئية مقياس طولي يستخدم في قياس المسافات الهائلة بين النجوم، ويمثل المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة كاملة (الضوء يقطع مسافة ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية الواحدة).

والصورة التي أمكن استنتاجها هي أن مجرتنا عبارة عن قرص من النجوم مخلوط بالغبار والغاز الكوني، سميك في المركز نحيف عند الأطراف، وحول هذا القرص الهائل توجد هالة كروية الشكل تقريبا مكونة من تجمعات لنجوم، وأيضا من سحابة مخلخلة جدا من غاز الهيدروجين تعمل كخزان يستمد منه مركز المجرة (النواة) التيار الذي يدفعه في الأذرع الحلزونية.

وقد أمكن بطريقة جيدة، تصوير أجزاء من ثلاثة أذرع حلزونية في مجرتنا، وفي السنين الأخيرة تمكن علم الفلك الراديوي-العلم الذي يعتمد في دراسة النجوم على النبضات التي تصدرها-من تحديد مكان سحب الهيدروجين في كل مجرة، وأمكن عن طريق هذه المعلومات، الحصول على فكرة أفضل عن التركيب الحلزوني لأذرع مجرتنا.

## المجموعة الشمسية

إن سير كواكب مجموعتنا الشمسية في أفلاكها، دراما من أعظم الدرامات المعروفة للبشر وتمثل هذه الدراما بصفة مستمرة أمام أعيننا، وتقوم فيها الشمس بالدور الرئيسي بينما تقوم الكواكب التسعة-ومن بينها أرضنا-بمجرد أدوار مساعدة.

لقد رأى الكثيرون كيف أن إطلاق الأقمار الصناعية إلى مدارات حول الأرض تمثل بداية متواضعة لتدخل الإنسان في هذه المملكة السماوية التي كانت محرمة عليه منذ أمد طويل.

وما أن تدخل الأقمار الصناعية مسرح الفضاء، حتى تتبع بأقصى دقة ممكنة قوانين الحركة الكوكبية، فالإنسان الذي كان من قبل مجرد متفرج على العرض الفضائي، ألم بدقة بالقوانين الأساسية للفضاء قبل أن يتمكن من تقديم عرض متواضع خاص به.

ويتميز النظام الشمسي بحركاته المتشابهة في دوران الكواكب حول نجمها المركزي.. الشمس، فمسارات الكواكب اهليليجية أي بيضاوية وبعضها يميل نحو بعض في دورانها حول الشمس، فتكون معا دوائر مسطحة شبه متوازية، ثم أنها تدور كبيرها وصغيرها-دون استثناء-في اتجاه واحد لا يتغير حول الشمس، فإذا فرض ونظرنا إليها من نقطة تعلو القطب الشمالي للأرض، وجدناها تدور جميعها في اتجاه ضد سير عقارب الساعة.

إن الشمس وكل كواكبها التسعة، تميل على محاورها في أثناء دورانها وحول نفسها في اتجاه واحد أيضا، باستثناء الكوكب أورانوس، الذي يبدو وكأنه يدور على جانبه بشكل غريب وغامض.

ويلاحظ أن الكواكب القريبة من الشمس (عطارد-الزهرة-الأرض-المريخ) صغيرة الحجم إذا قورنت بالكواكب البعيدة عنها، ومن كتلتها-على صغرها-اكثر كثافة من كتل الكواكب الضخمة النائية (المشترى-زحل-أورانوس-نبتون)، إذ تتراوح كثافة الكواكب الصغرى بين أربعة وخمسة مرات قدر كثافة الماء، أما الكوكب التاسع (بلوتو)، فهو يشذ عن هذه القاعدة وهو كوكب حديث الاكتشاف نسبيا ولم يسبر غوره بعد، ومما يسترعي الانتباه ويزيد تلك الرابطة الأبدية بين أجرام المجموعة الشمسية، أن هناك تناسقا في النسب بين أبعاد الكواكب عن الشمس، فقد اتضح أن نصف قطر مدار كل كوكب يعادل ضعف نصف القطر لمدار أقرب الكواكب إليه من ناحية الشمس.

ومجموعتنا الشمسية تكمل دورتها حول مركز مجرتنا مرة كل 250 مليون سنة، ويطلق عليها (السنة الكونية) Cosmic Year.

## الشمس والحياة

دون الشمس تبرد الأرض وتتجمد وتنعدم الحياة عليها، ولا شك أن ما يجعل للشمس هذه الأهمية الفريدة المرتبطة بإشاعة الحياة على الأرض، هو تلك النسبة المعينة من طاقة الشمس التي تصل إلى الأرض، ومن هذه النسبة الضئيلة من الضوء والحرارة التي تستقبلها الأرض من الشمس، يسير موكب الحياة.

وقد عاش ملايين الناس في أجيال متعاقبة، قبل أن يعرفوا أن الشمس هي إحدى النجوم، وكانوا يعتقدون أنها مجرد جرم سماوي هام يتميز عن باقي الأجرام في الفضاء. لقد أدرك الصينيون والبابليون أهمية الشمس كمنبع للضوء والحرارة، فاعتبروها الإله العظيم وأقاموا لها المعابد، بالرغم من أنها كانت شيئا غامضا بالنسبة لهم، كما أطلق عليها المصريون القدماء اسم الإله (آتون).

وحتى يومنا هذا، وبالرغم من أن علماء الفلك استطاعوا تحديد مكان الشمس في مجرتنا، وتوصلوا إلى تركيبها الكيماوي والطبيعي، وبحثوا في

التفاعلات التي يمكن أن تولد بها الشمس طاقتها، إلا انه لا زالت هناك أسرار عديدة تحتاج إلى كشف النقاب عن طبيعتها.

والشمس هي التي تنظم حركة دوران الكرة الأرضية وباقي الكواكب وتوابعها، فهي تجذب كل أعضاء المجموعة الشمسية بقوة هائلة فتحافظ على سير كل منها في مداره. والشمس تسبح في الفضاء بسرعة فائقة تبلغ 220 كيلو متر في الثانية الواحدة، ومن حولها الكواكب التسعة وذلك في حركتها الدورانية حول مركز المجرة.

وتعتبر الشمس مصدر جميع الطاقات التي عرفها الإنسان، وبدون إشعاعها تستحيل الحياة فوق كوكب الأرض، ومن ثم أصبح من الضروري دراسة الشمس فلكيا بانتظام، لمعرفة ما يدور فيها ومدى تأثيره على كوكب الأرض، والاستفادة من منابع طاقتها الإشعاعية الجبارة بشتى الوسائل.

## داخل الآتون الذري

في أثناء انتشار أشعة الشمس، خلال المسافة الكبيرة التي تفصل الشمس عن الأرض حوالي 149 مليون كيلومتر أو 93 مليون ميل في المتوسط، لا نجد في ضوء الشمس ما يمكن أن ينبئ عن الحرارة المخيفة المدمرة التي تسود المكان الذي يكتنف مسقط رأس هذه الطاقة الشمسية.

وبداخل كرة الشمس الهائلة، تتفاعل ذرات الغازات اندماجيا في درجات حرارة عالية جدا، تتراوح من ملايين الدرجات في المركز إلى حوالي عشرة آلاف درجة على السطح. والنظرية التي تلقى قبولا من معظم علماء الفلك، تقول بأن طاقة الشمس ناتجة عن الاندماجات[*1] والتفاعلات النووية الهيدروجينية، التي تتوالى فيها بصفة مستمرة، بسبب شدة التفاعل والحرارة في مركزها من جهة، ووجود عنصري الهيدروجين والهليوم بكثرة هائلة من

---

(*1) الاندماج:

هي العملية التي تتحد بها نواتا ذرتين خفيفتين لتكوين نواة لذرة واحدة أثقل وينتج عن ذلك انطلاق كمية من الطاقة اكبر من تلك التي تنطلق من التفاعلات الكيميائية بين ذرتين.

الانشطار:

هي العملية التي ينتج عنها انقسام نواة ذرة إلى جزئين أو أكثر، وتكون كتلة الأجزاء أقل قليلا من كتلة الأصل، ويكون هذا الانقسام مصحوبا بانطلاق كمية كبيرة من الطاقة ناتجة عن تحول الجزء الصغير من الكتلة إلى طاقة.

جهة أخرى. وتبلغ كثافة مادة الشمس بالقرب من مركزها حدا هائلا، ولا بد أن الضغط في هذه المنطقة يعادل حوالي مليون طن على السنتيمتر المربع الواحد. والعملية الحرارية النووية التي تنتج الطاقة الشمسية، ليست مقتصرة على عملية واحدة، بل هي تتابع كامل من التحويلات المترابطة أو سلسلة من التفاعلات تعمل على تحويل غاز الهيدروجين إلى غاز الهليوم فغيره من العناصر، ولهذه التفاعلات ناتجا مهما ألا وهو تلك الطاقة الإشعاعية الهائلة.

ولذلك فسطح الشمس دائب الحركة، حتى لترى السنة الغازات الهائلة تشق عنان سمائها في نافورات جبارة تذهب إلى ارتفاعات شاهقة، قد تصل إلى آلاف الكيلومترات.

## دوامات فوق الشمس

في بعض الأحيان تثور بعض الدوامات فوق الشمس، مسببة البقع الشمسية التي تعتبر من أكثر الظواهر الطبيعية المتصلة بالشمس، وللبقع شكل واضح محدد.. منطقة مركزية داكنة تسمى الظل محاطة بمنطقة أكثر إضاءة تسمى شبه الظل، وتبدو البقع الشمسية في شكلها المتأجج كدوامة في أتون الشمس المستعر.

وعند ظهور البقع الشمسية لأول مرة، يكون قطرها حوالي ألف كيلو متر وفي غضون حوالي أسبوع يزداد قطرها إلى حوالي 30 ألف كيلو متر، وفي بعض الأحيان يصل إلى 80 ألف كيلو متر. وأكبر بقعة شمسية تم تسجيلها حتى الوقت الحافر، هي التي ظهرت في أبريل عام 1947 وغطت مساحة بليون كيلومتر مربع.

وبعض البقع الشمسية الصغيرة لا تنمو وإنما تختفي بعد فترة يوم إلى أربعة أيام، أما عندما تصل البقعة إلى أكبر قطر لها، فتبقى عليه لفترة ثم تبدأ في الانكماش إلى أن تختفي، وفي المتوسط نجد أن عمر البقعة الشمسية أقل من شهر. والرأي الحديث في الفلك يقول بأن البقع الشمسية تكون مصحوبة بمجالات مغناطيسية، وعلى الأرجح تنشأ هذه المجالات المغناطيسية قبل البقع الشمسية وتسبب وجودها، ويبدو أن هذه المجالات محلية وقائمة بذاتها إلا أنه ليس هناك تفسير عام لها، وأقرب تخمين لها

هو أنها تنشأ من التيارات الكهربائية الهائلة التي تسري في أتون الشمس، ويمكن أن تكون هذه التيارات الجبارة من الشدة، بحيث تستطيع توليد المجالات المغناطيسية المصاحبة لأكبر البقع الشمسية.

## عندما تموت الأرض

منذ سنوات قليلة، ألف كاتب واسع الخيال رواية علمية أنهى فيها العالم، بأن حرمه من أشعة الشمس. ففي هذه الرواية، اقترب نجم آخر من المجموعة الشمسية وبمروره بالقرب منها أثر على أفلاك كواكبها، وقد أدت جاذبية النجم إلى الإخلال بالميزان الدقيق للمجموعة بأكملها، فانفلتت الأرض من قبضة الشمس وبدأت مياه المحيطات في التجمد، وسرعان ما غطى كوكب الأرض درع متين من الجليد. وانكمش أيضا قرص الشمس، الذي كان بالغ العظمة من قبل، ليصبح في حجم صغير جدا، وأخذ يلقي ضوءا ضعيفا خافتا فوق سطح الأرض المقفرة.

وهذه القصة من المحتمل ألا تتحقق أبدا، فالأرض مثبتة بإحكام في فلكها حول الشمس، والفضاء الممتد بين النجوم هائل المساحة، بحيث أن احتمال حدوث أي تصادم يكاد ينعدم، ولكن القصة تبين مدى اعتماد الحياة بشتى صورها فوق كوكب الأرض، على إمداد لا ينقطع من الطاقة الشمسية.

## كوكب الأرض.. سفينة فضاء

كوكب الأرض هو دنيانا التي نعيش فيها، وهو كوكب صغير إلا أنه غير عادي، ويوجد في الطريق اللبني حيث تقل كثافة النجوم نسبيا على بعد ثلثي المسافة من مركز مجرتنا، كما أنه الكوكب الثالث من الشمس بعد كوكبي عطارد والزهرة، ويبلغ قطر كوكب الأرض حوالي 12600 كيلومتر.

ونحن فوق الأرض، أشبه ما نكون بركاب سفينة فضاء سقفها الغلاف الجوي الذي تتعدد وظائفه وخدماته، وجو دنيانا مكيف بحيث ترسل السفينة وسقفها إلى الفضاء، نفس الطاقة التي تكتسبها من الشمس فتظل محتفظة بنفس معدلات درجات الحرارة على مر السنين، وهذا هو السبب في استمرار الحياة فوق سطحهما.

ولكن سفينة الفضاء هذه إنما تخدعنا، لأنها تبدو وكأنما تقف ثابتة في الفضاء، بينما يدور الكون بأسره من حولها بما في ذلك الشمس والنجوم والكواكب وأقمارها. أما حقيقة الأمر، فهو أن أرضنا تلف وتتمايل وتهتز وتسبح في الفضاء بسرعة تبلغ 30 كيلومتر في الثانية، في طريقها حول الشمس. وتدور الأرض حول محور يسمى طرفاه بالقطبين، الشمالي والجنوبي وباتجاه القطب الشمالي يمكن رؤية النجم القطبي Polaris، الذي يدل الناس على اتجاه الشمال في الوقت الحاضر.

ويبدو النجم القطبي في مكانه ساكنا لا يتحرك، بينما تبدو النجوم الأخرى تدور من حوله، نتيجة لدوران الأرض. والنجم القطبي حركته ظاهرية في واقع الأمر، فهو لا يبقى في النقطة الرياضية تماما فوق القطب الشمالي، ولكنه يقوم مرة كل يوم برسم دائرة صغيرة تبالغ مساحتها ضعف مساحة قرص القمر تقريبا.

والأرض دائبة التغير على مر العصور، فكثير من الأحياء والزواحف الهائلة مثل الديناصورات-التي انتشرت على سطح الأرض من آلاف السنين- لم يعد لها أي أثر اليوم إلا بعض أجزاء من هياكلها العظيمة متحجرة على شكل أحافير.

وقد وجد في صحاري الأرض الجدباء، آثار حياة سابقة مما يدل على أنها احتوت منذ سنين طويلة على الماء، وما دامت حرارة باطن الأرض لم تخب بعد، وما زالت هناك جيوب من الحمم واللظى في باطنها فإنها معرضة دائما لتغيير، وستعمل البراكين والزلازل والحركات الأرضية الأخرى مع عوامل تعرية السطح، على تغير المعالم الجغرافية لسطح الأرض باستمرار فكم من جبل سيصبح واديا، وكم من واد أو سهل سيرتفع جبلا.

وإذا تكلمنا عن كوكب الأرض في العلوم الكونية، أو عرضنا لها كجرم سماوي من أجرام الفضاء، فإننا نقصد بذلك أيضا ما يحيط بها من أغلفة مرئية كانت، مثل المحيطين اليابس والمائي، أو غير مرئية مثل المحيط الهوائي.

ويجب ألا ننسى أن كوكب الأرض بجميع أغلفته، يدور في الفضاء بسرعة كبيرة كوحدة لا تتجزأ، حول نفسه وحول الشمس مع باقي الكواكب، ثم مع الشمس حول مركز مجرتنا ثم مع المجرة التي تتحرك هي الأخرى مع

البلايين من المجرات التي يتكون منها الكون، إلى مكان مجهول لا يعلمه إلا الله خالق الكون ومبدعه.

## رحلة إلى باطن الأرض

يقسم علماء الجيولوجيا باطن الأرض عادة إلى ثلاث طبقات رئيسية:

1- القشرة. ويبلغ سمكها حوالي مائة كيلو متر، وهي تنقسم بدورها إلى قسمين هما: الغلاف وسمكه حوالي 50 كيلو مترا ويتكون من طبقة من صخور الجرانيت، وهي المادة الأساسية التي تتكون منها القارات، ثم طبقة أخرى من صخور البازلت.

2- الطبقة المتوسطة. وسمكها حوالي 2900 كيلو متر وهي غير مكتشفة، ونحصل على المعلومات عنها عن طريق ما تلفظه البراكين من مواد، والمعتقد أن هذه الطبقة تتكون من أكسيد الفلزات الثقيلة (كالحديد).

3- الطبقة المركزية (النواة). وسمكها حوالي 3300 كيلومتر، ويسود الاعتقاد بين العلماء بأنها مكونة من مواد ذات كثافة عالية جدا، وفي حالة انصهار وسيولة ويظنون بأن أهم موادها الحديد والنيكل.

ولو أردنا الوقوف على نسبة تغير درجات الحرارة في باطن الأرض، كان علينا أن نستخلص ذلك أيضا مما تمنحنا إياه البراكين الثائرة من معلومات. والقياس هنا دائما فرضي، ولكن الأمر الذي لا شك فيه أن باطن الأرض شديد الحرارة وفي حالة انصهار في جيوب، ولا أدل على ذلك من تلك الطاقة الحرارية الهائلة التي تحتوي عليها مواد الطفوح البركانية، والتي تخرج في صورة سائل من مواد منصهرة يطلق عليها اسم الصهير البركاني.

ونستطيع أن نفترض أن درجة الحرارة تصل إلى درجة الغليان، على بعد ثلاثة كيلو مترات من سطح الأرض، وتصل إلى حوالي 2200 درجة مئوية على عمق 50 كيلو متر، وتكفي هذه الحرارة لصهر الصخور ودليلنا على هذا أن الحمم البركانية تخرج من باطن الأرض، ودرجة حرارتها بين 120- 2200 درجة مئوية. غير أن الضغط الشديد في باطن الأرض يعيد تصليب الصخور المصهورة في مناحي بحيث يبقى الصهر في جيوب متوزعة.

ومن دلائل الطاقة الكامنة في باطن الأرض.. حدوث الزلازل، النتيجة الحتمية لما تتحمله الطبقة الصخرية المكونة لغلاف الأرض. من ضغط،

حتى إذا ما زاد الضغط عن قوة احتمالها انكسرت وتصدعت مولدة الزلزال. والضغط الهائل في باطن الأرض يبلغ على عمق 150 كيلومترا فقط من سطحها حوالي 120 طنا على السنتيمتر المربع. ونجد تحت سطح الأرض أيضا، مياه جوفية متجمعة من رشح مياه الأمطار والأنهار والبحار والمحيطات، وبعضها نشأ مع تكون الأرض واحتبس داخلها، وبالطبع تكون هذه المياه في خزانات أرضية باطنية يتقرر عمقها بحسب طبيعة الصخور التي تحويها وتوزعها، ومن هذه المياه ما يتصاعد إلى وجه الأرض مكونا الينابيع.

## سقف.. الكرة الأرضية

الغلاف الجوي طبقة فسيحة الأرجاء من الغازات تحيط بالكرة الأرضية تماما، وهو دائم الحركة يكون وحدة لا انفصال فيها وتؤثر في جميع أرجاء كوكب الأرض، فمراكز العواصف وأماكن الاستقرار الجوي والتيارات المختلفة وكتل الهواء الباردة والساخنة، لا تعترف بالحدود بين الدول.

ولكن مم يتكون الغلاف الجوي؟

يقسم العلماء جو الأرض إلى خمس طبقات بعضها فوق بعض: طبقة التروبوسفير-ستراتوسفير-الاوزونوسفير-الايونوسفير-الاكسوسفير.

والتروبوسفير (أي المحيط المتغير)، هي الطبقة التي نعيش في جزئها الأسفل الملاصق لسطح الأرض. ويبلغ ارتفاع هذه الطبقة في المتوسط نحو 11 كيلو مترا فوق سطح البحر، وهي طبقة عدم الاستقرار وموطن التقلبات الجوية حيث تنشأ السحب وتتولد العواصف المختلفة.

أما طبقة الستراتوسفير (أي المحيط ذو الطبقات) فيبلغ سمكها حوالي 30 كيلومترا، وهي طبقة من الهواء الرقيق وتعلو طبقة التروبوسفير، كما تجتاحها الرياح العاتية إذ ينساب في قاعدتها نهران من التيارات الهوائية، يجريان حول معظم الكرة الأرضية ويعرفان باسم تيارات الرياح المتدفقة.

أما منطقة الاوزونوسفير (أي منطقة تجمع الأوزون) فيتحول فيها جزء من غاز الأوكسجين إلى غاز الأوزون، بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التي تصدرها الشمس، وتؤثر في هذا الجزء من الغلاف الجوي نظرا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته.

ولهذه الطبقة أهمية حيوية بالنسبة لنا، فهي تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القصيرة بتركيز كبير إلينا، إذ لو أدركتنا كذلك لتأثرت الحياة فوق سطح الكرة الأرضية.

أما الطبقة الرابعة فهي الايونوسفير (أي الطبقة المتأينة) وتتميز بأرجائها الغامضة العجيبة، ومناطقها النائية الشبيهة بالفراغ، وهي تتعرض تماما لإشعاعات الشمس خاصة فوق البنفسجية التي تعمل على تحطيم ذرات غاز الأوكسجين والنيتروجين بها، فتفقدها أحد الكتروناتها فتصبح متأينة أي مشحونة كهربيا.

من خصائص هذه الطبقة أنها تمتص وتعكس الموجات اللاسلكية فيما يسمى بالحزام الايوني، وارتفاع هذا الحزام دائب التغير من فصل إلى آخر، بل من يوم لآخر بل لقد يتغير ارتفاعه عدة مرات في اليوم الواحد.

وتظهر في طبقة الايونوسفير ظاهرة طبيعية غريبة، فعندما تنطلق من الشمس جسيمات مشحونة-وبخاصة عند ظهور البقع الشمسية والألسنة-تسرع باتجاه كوكب الأرض، وتصطدم هذه الجسيمات المشحونة كهربيا بالغازات التي توجد في هذه الطبقة،-لأنها أول طبقة متأينة تقابلها-فتتوهج وينشأ عن ذلك مشهد يختلف في شكله من قوس إلى ستارة إلى نافورة تخرج وهجا من الضوء الأبيض في المادة، ولكن قد يصدر عنها أحيانا أضواء ذات ألوان خضراء وصفراء وحمراء وبنفسجية، ويطلق على هذه الظاهرة (الشفق القطبي) Aurora Borealis.

ويطلق على الطبقة الخامسة والأخيرة من طبقات الغلاف الجوي، طبقة الاكسوسفير (أي الطبقة الخارجية) وهي تمتد إلى ارتفاع قد يصل إلى 1300 كيلو متر ويحتمل أن يوجد بها بعض ذرات متفرقة من الأوكسجين والنيتروجين، ويزداد التفرق بين هذه الجزيئات كلما اتجهنا إلى الخارج، إلى حد يصبح التلاقي بينهما منعدما تقريبا.

## جواسيس الفضاء

يزداد عدد ما أطلق من الأجسام الفضائية الصناعية حتى الوقت الحاضر، عن عدة آلاف تتعدد أنواعها ومهامها الرئيسية، ولكن تسمية (قمر صناعي) لا تنطبق على جميع هذه الأجسام الفضائية، فمنها مجرد

بقايا صواريخ كانت قد انفجرت في الجو وتحطمت، وانتشرت منها شظايا في الفضاء.

والفرق بين هذه الشظايا والأقمار الصناعية الحقيقية، هو أن الأولى لا تمثل أي دور ذاتي بل تكتفي بالبقاء في المدار بفعل الجاذبية، فانه يكفي أن تبلغ سرعة أي جسم فضائي ١١ كيلو مترا في الثانية، حتى يتخلص من قبضة جاذبية الأرض ويدور في فلك خاص به.

أن على الإنسان أن ينتظر مئات السنين، قبل أن يكتشف أسرار باطن الأرض ولكنه لن ينتظر طويلا لمعرفة أسرار الفضاء، فهذه الأقمار الصناعية مختلفة الأغراض والمجهزة بآلاف غاية في الدقة سواء للقياس أو التصوير، تقوم بعملها على أكمل وجه. وهناك الكثير من الأقمار الصناعية الحربية أو التجسسية ومن أفراضها تصوير النشاط العسكري للعدو، أو تحطيم صواريخه عند انطلاقها.

ومدارات الأقمار الصناعية من حيث بعدها عن سطح الأرض، إما منخفضة أو متوسطة الارتفاع أو عالية. والمدار المنخفض هو ما يبعد حوالي 300 كيلو متر من سطح الأرض، وغالبا تكون الأقمار في هذا المدار ذات عمر قصير أي تدور حول الأرض لعدد محدود من الأيام لم تنجذب نحو الأرض، وتتلاشى بعد ذلك محترقة في الغلاف الجوي. أما المدار المتوسط فيبعد حوالي 2400 كيلو متر عن سطح الأرض، والأقمار الصناعية التي توضع في هذا المدار يطول عمرها-أي دورانها حول الأرض-لعدة سنوات. أما المدارات العالية، فتبعد عشرات الآلاف من الكيلومترات ويطول عمر الأقمار الصناعية التي توضع فيها، إلى ما شاء الله.

والعلاقة الطردية بين بعد القمر الصناعي عن سطح الأرض وعمره، ترجع إلى جاذبية الأرض ومقاومة غلافها الجوي لحركة القمر الصناعي. فكلما زاد بعده عن الأرض، قلت سيطرة جاذبية الأرض عليه، وانخفضت مقاومة غلافها الجوي لمساره، وبذلك يطول عمره..

أما إذا اقترب القمر الصناعي من سطح الكرة الأرضية، فان سيطرة جاذبية الأرض عليه تزداد: وكذلك مقاومة غلافها الجوي لحركته ومن ثم يقصر عمره، أي مدة دورانه حول الأرض.

ومن احدث مهام الأقمار الصناعية في الفضاء، جمع البيانات اللازمة

للبحث العلمي، عن ظروف الأرض وغلافها الجوي وكمية الإشعاعات الكونية والمجال المغناطيسي للأرض ودراسة الشهب ودراسة الفلك.

## كرات من النار

تعجب الإنسان دائما من تلك الكرات النارية الصغيرة المتوهجة، والمنطلقة بسرعة هائلة في جو الأرض والتي تمكث ثوان أو ربما أجزاء من الثانية، أنها الشهب.

فالمجموعة الشمسية محاطة بأشبه ما يكون بالغلاف الرقيق غير المتصل من الكويكبات، وتتأثر أجزاء منها من حين لآخر بجذب النجم أ. قنطورس Alpha Centauri، الذي يعتبر أقرب النجوم إلينا، عندئذ قد ينفصل جزء من هذا الغلاف ليجري سابحا حول الشمس على هيئة شهب، نشاهدها في السماء في بعض الليالي الصافية تضيء وتتوهج، وهي تحترق بسبب احتكاكها بطبقات الجو العليا.

## الأشعة الكونية

يمتلئ الكون بتلك الأشعة النافذة ذات الطاقة العالية، التي نطلق عليها (الأشعة الكونية)، أنها جسيمات عظيمة السرعة إذ تبلغ سرعتها أحيانا ما يقرب من ثلاثة أرباع سرعة الضوء، فهي لذلك ذات طاقة كبيرة جدا.

وموجات الأشعة الكونية، مثل الموجات اللاسلكية والأشعة الفوق بنفسجية وتحت الحمراء، ذات طول موجي لا يمكن للعين أن تبصره، ولم يتحقق العلماء حتى الوقت الحاضر من المصدر الحقيقي لهذه الأشعة، فيقول البعض أنها صادرة من الشمس بينما يقول آخرون أنها تنطلق من الأغوار السحيقة للفضاء. ويفسر علماء الفلك هذا الرأي الأخير، بأن في الكون بلايين السدائم وكل منها يحتوي على كميات هائلة من الغازات المخلخلة ومئات الملايين من النجوم المتأججة، كما يحتوي على ذرات الحديد والصخور والغبار في حركة دائمة، ومن الأجسام ما هو مشع ومنها ما هو خامد، وقد تكون الأشعة الكونية منبعثة من بعض هذه الأجسام الفضائية.

ومعظم الطاقات الرهيبة لهذه الأشعة، تمتصها الطبقات العليا للغلاف الجوي ومن ثم تقينا من أثرها المدمر، وإلا كانت وبالا على كل شيء حي

فوق سطح الأرض، فهي أقوى اختراقا للأجسام من أشعة جاما التي تصاحب التفجيرات النووية.

ويمكن للأشعة الكونية أن تنتقل في الهواء وتخترق المعادن أيا كان سمكها، وكمية الطاقة الكلية للأشعة الكونية التي تصلنا-بعد ترشيحها وتفريغها من شحناتها في طبقات الجو العليا-تكاد تعادل الأشعة الضوئية والحرارية التي تصلنا من النجوم، مما يثبت أن تلك الأشعة تملأ الكون.

## القمر.. بين الحقيقة والخيال

لاشك أن منظر القمر من فوق سطح الأرض من المناظر الخلابة الممتعة، إلا أننا كلما اقتربنا منه بدا أقل روعة، بشكل لا يشجع على تفضيله عن غيره من كواكب المجموعة الشمسية وأقمارها.

يبعد القمر عن الأرض بنحو 38 ألف كيلو متر، ويبلغ قطرة 3478 كيلو متر، وهو يؤثر على الكرة الأرضية وعلى حركتها في الفضاء، كما يسبب المد والجزر حيث تعمل قوة التجاذب بين القمر والأرض كجسمين ضخمين، على تحريك الماء الذي على سطح الأرض في المناطق المواجهة للقمر محاولة جذبه إليه، ونظرا لان الماء على سطح الأرض محدود، فان ارتفاعه في مكان ما معناه أنه لا بد أن ينخفض مستواه في مكان آخر، ومعنى ذلك أن المد عندما يحدث في مكان ما لا بد أن يقابله جزر في مكان آخر مقابل له.

ويلاحظ أن القمر يواجه الأرض دائما بوجه واحد، ويدور حولها مرة كل شهر، ومن ذلك استنتج علماء الفلك انه يدور حول نفسه مرة كل حوالي شهر، ولذا تظل أي نقطة على سطحه تتلظى بضوء الشمس أسبوعين كاملين، فترتفع درجة حرارته إلى ما يقرب من مائة درجة مئوية، أما الأجزاء التي لا تصل إليها أشعة الشمس، فنجد أن البرودة فيها تصل إلى مائة درجة تحت الصفر.

وقبضة جاذبية القمر ضعيفة، تبلغ حوالي سدس جاذبية الأرض، ولهذا فهي لا تقوى على الاحتفاظ بغلاف جوي.

ويتميز القمر عن غيره من الأجرام السماوية، بأنه أقربها إلى كوكب الأرض ومن ثم يمكن متابعة العمليات المختلفة الجارية هناك متابعة دقيقة، سواء كانت هذه المتابعة بالوسائل البصرية أو باستعمال الأجهزة اللاسلكية،

ومن هذه العمليات الصعود والهبوط فوق سطح القمر أو الحفر والتنقيب عن المعادن. ولن تتأخر وصول المساعدات الأرضية إلى القمر-في أسوأ الظروف-أكثر من بضعة أيام، في حين أن جماعات الاستكشاف التي ستهبط على كوكب المريخ، لن تتمكن من الحصول على المساعدات والإمدادات إلا خلال عدة أشهر.

ومن المحتمل أن تستخدم أول محطة تنشأ على القمر في الأعمال التدريبية، لرحلات اكثر بعدا .. إلى كواكب ونجوم أخرى.

## الكوكب.. ذو القناع الغازي

ماذا سيجد رواد الفضاء عندما تطأ أقدامهم سطح كوكب الزهرة Venus؟ أهي صورة لغابات كثيفة تغوص في مياه المستنقعات؟ أم سيجدون سطح كوكب الزهرة وقد ألهبته الحرارة والرياح المحرقة، وتظهر الشمس في السماء الغريبة بوهج خلال سحب وطبقات كثيفة من الرمال والغبار وغاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الهيدروكربونات. ويرجع السبب في قلة المعلومات عن هذا الكوكب إلى أن علماء الفلك لم يتمكنوا حتى الوقت الحاضر من رؤية سطحه، فكوكب الزهرة يدور في مداره متدثرا برداء كثيف من السحب الغريبة، ولهذا لم يتمكن أي إنسان من أن يتعرف على ما تحتها. أما المعلومات المتوافرة عن كوكب الزهرة، هو انه يبعد عن الشمس بحوالي 107 مليون كيلو متر، أما قطره فهو 12300 كيلو متر أي أقل من قطر كوكب الأرض بحوالي 300 كيلو متر فقط، ولهذا يطلق على كوكب الزهرة (توأم الأرض).

وتبلغ سرعة كوكب الزهرة في مداره الدائري حول الشمس ما يقرب من 35 كيلو متر في الثانية، وهو يحتفظ لنفسه بغلاف جوي، كما يتميز سطحه بأنه يعكس من أشعة الشمس الساقطة عليه نسبة كبيرة، تفوق ما يعكسه أي كوكب آخر في المجموعة الشمسية.

وكان من نتيجة وجود هذا القناع الغازي الكثيف، أن اختلف العلماء في تقدير طول اليوم فوق كوكب الزهرة، ويذهب الرأي الراجح إلى أن هذا الكوكب يواجه الشمس بوجه واحد دائما، ومن ثم لا يدور حول نفسه إلا مرة كل 220 يوما، وهي مدة دورانه الكامل حول الشمس.

## كوكب.. النهار والليل الأبدي

لقد أضفى علينا السفر في الفضاء شعورا جديدا تماما، وإحساسا بطبيعة موقعنا في الكون، ونحن نتطلع إلى الكواكب الأخرى ونتساءل.. هل توجد حياة فوق هذه الكواكب تتمتع بقدر من الذكاء؟.

ولكن في بعض الأحيان نصاب بخيبة أمل، عندما نصادف كوكبا غريبا مثل عطارد Mercury، الذي إذا اقتربنا منه لظهر لنا منظر مخيف حقا، سطح موحش نحاسي اللون تتخلله خطوط كئيبة رمادية متجعدة. وفي الجزء المضيء من الكوكب، سحب صفراء ومكان تقشعر لمجرد التفكير في الاقتراب منه أكثر.

انه كوكب عطارد، الكوكب الغريب الصغير الذي يبلغ قطره 4960 كيلو متر، ويدور حول الشمس بسرعة كبيرة-لاقترابه الشديد منها-ويبلغ متوسط تلك السرعة 48 كيلو متر في الثانية، فيتم الدورة في 88 يوما فقط كما يبلغ بعد الكوكب عن الشمس حوالي 58 مليون كيلو متر، ومعنى ذلك أنه اقرب منها اكثر من أي كوكب آخر من كواكب المجموعة الشمسية.

ومن المعروف أن كوكب عطارد يدور حول محوره دورة كاملة في نفس الفترة، التي يدور فيها حول الشمس ومن ثم فهو يواجه الشمس بوجه واحد بصفة دائمة، أي أن أحد وجهي عطارد نهار أبدى حيث ترتفع فيه درجة الحرارة إلى أكثر من 300 درجة مئوية وهي تكفي لصهر الرصاص، أما الوجه الآخر فليل أبدي حيث تنخفض درجة الحرارة إلى-237 درجة مئوية (أي قريبة من درجة الصفر المطلق «-273»).

وهكذا يجمع كوكب عطارد بين نقيضين، فهو أشد كواكب المجموعة الشمسية حرارة كما أنه أكثرها برودة، في وقت واحد. ويحتفظ عطارد حوله بغلاف جوي بسيط بسبب صغر كتلته ومن ثم جاذبيته، وأيضا لارتفاع حرارته بشكل كبير نظرا لقربه من الشمس، الأمر الذي أدى إلى تبخر جوه.

## كوكب... اله الحرب

المريخ.. ذلك الكوكب الذي استحوذ على اهتمام الناس منذ القديم، بسبب لونه الأحمر المميز فأطلق عليه اسم اله الحرب Mars.

وبسبب تعرج مداره، وظهور ما يشبه القنوات على سطحه، فقد اصبح في الوقت الحاضر من أكثر كواكب المجموعة الشمسية إثارة للاهتمام وموضعا للجدل، وربما يرجع السبب في ذلك إلى توقع العلماء وجود نوع من الحياة فوق سطحه، أو ربما بسبب تلك الظواهر الغريبة التي لاحظوها مثل وجود كتل من الجليد عند قطبيه وانتشار الأخاديد عليه وغرابة شكل القمرين اللذين يدوران حوله.

ولكي يشبع الإنسان من طموحه ويرضي غريزة الفضول لديه، وليجمع المزيد من المعلومات عن كوكب المريخ، أرسل عدة مركبات فضائية لكشف أسراره كان آخرها فايكنج ا يوم 20 أغسطس 1975، وتبعتها فايكنج 2 يوم 9 سبتمبر من نفس العام. ويميل محور المريخ بزاوية-كما في كوكب الأرض- ولذلك تحدث الفصول الأربعة فوقه.

والمريخ هو الكوكب الرابع بعدا من الشمس، وهو يدور في فلكه خارج نطاق فلك الأرض ومن ثم لا نراه هلالا أبدا، ويبلغ متوسط بعد المريخ عن الشمس حوالي 225 مليون كيلو متر ويتم دورته حولها خلال 687 يوما، ويبلغ قطره نصف قطر كوكب الأرض ومن ثم تقل الجاذبية عليه من الجاذبية فوق الأرض.

## هل هناك حياة فوق المريخ؟

ترقب العالم كله نتائج التجارب التي قامت بها مركبتي الفايكنج ا , 2 في عام 1975، اعتقادا منهم بوجود حياة فوق سطح المريخ، فقد كثرت الحكايات عن رؤية أطباق طائرة قادمة من المريخ، تقودها مخلوقات غريبة ذات لون أخضر، ولهم قدرات خارقة تفوق كل خيال.

وكانت التجربة الأولى لفايكنج تتعلق بدراسة ظاهرة التركيب الضوئي لجو المريخ، وإمكانية تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى مادة عضوية، ولم تثبت النتائج التي حصل عليها العلماء، بشكل قاطع، ما إذا كانت هناك حياة فوق سطح المريخ أم لا. وبرغم إعادة التجارب عدة مرات من داخل التربة لمعرفة ما إذا كانت هناك ثمة حياة تحت الصخور، لم يتم الحصول على ما يثبت وجود أو عدم وجود أي نوع من الحياة في المريخ. وعموما فان عدد التجارب التي أجريت أو أعيدت محدودة العدد، لذلك يتحتم إرسال

مركبة فضائية أخرى أكثر تطورا للحصول على نتائج أكثر دقة، والى أن ترسل هذه المركبة المتقدمة نظل مقيدين بهذه النتائج غير القاطعة عن تأكيد وجود حياة أو عدم وجودها، ويظل السؤال غامضا وبلا إجابة قاطعة.

## الرعب والخوف.. قمرا المريخ

لعل من أعجب الاكتشافات التي أدهشت العالم التعرف على تابعي المريخ، فنظرا لصغرهما المتناهي لم يلفتا أنظار المشتغلين بالأرصاد الفلكية منذ القدم، كما أنه لم يتوقع الإنسان وجود توابع للمريخ على مثل هذا الصغر في الحجم. وبسبب قوة انعكاس ضوء الشمس على المريخ، يصعب في أغلب الأحيان رؤية القمر الأقرب إليه (فوبوس Phobos)، بينما يمكن رؤية القمر الآخر (ديموس Demos) رغم بعده وقلة إضاءته. وكل من القمرين يدور حول المريخ بنفس النظام الذي يدور به القمر حول الأرض، ويتميز القمران بقربهما من سطح كوكب المريخ، فمدار فوبوس-على سبيل المثال- يبعد عن المريخ حوالي 6000 كيلو متر فقط، وبمرور الوقت قد يقترب فوبوس اكثر نتيجة الجاذبية إلى أن يتحطم فوق المريخ.

يدور القمران فوبوس وديموس حول المرء بأسرع من معدل دوران المرء حول نفسه، ومن ثم يخيل لمن يرصدهما من فوق هذا الكوكب، انهما يشرقان من الغرب ويغربان من الشرق. وكما سمي المريخ باله الحرب مارس، فان تابعيه قد أعطيا التسمية المناسبة بوصفهما مرافقين له، إذ أن ديموس معناه (الرعب) بينما فوبوس معناه (الخوف).

## المشتري.. ملك الكواكب

لو اقترب أحد رواد الفضاء من كوكب المشتري Jupiter، لوصفه بأنه يظهر كقرص من الذهب تتوسطه خطوة مضيئة يتدرج لونها، من الأصفر الباهت إلى الأحمر القاني، أما في أقصى الشمال والجنوب فتحيط به أحزمة مظلمة نسبيا يتدرج لونها من البني إلى الأزرق المعتم.

وعندما تقترب سفينة الفضاء من جو المشتري فإنها تشق طريقها ببطء وبصعوبة خلال متاهة من الجزيئات الغازية، وكرات الهيدروجين المتجمد. أما بخار النشادر المنبعث من المحيطات الهائلة فيضفي على الجو منظرا

مرعبا، وتبدأ أجهزة سفينة الفضاء في تسجيل العواصف العاتية التي تبلغ سرعتها آلاف الكيلومترات، والتي هي حقا أعاصير تكتسح كل شيء في طريقها.

ومن الأرض، يبدو المشتري كوكبا هائل الحجم.. عملاقا يدور بما يحيط به من أقمار في تؤدة حول الشمس، ونتيجة لهذا اسم الجبار فانه يتميز بقوة جذب كبيرة، قادرة على تحطيم كل ما يوجد على سطحه وأيضا قادرة على جذب الكثير من الكويكبات وإخراجها من مداراتها، ثم تحطيمها إذا هي اقتربت من كوكب المشترى إلى مسافة قصيرة.

ويبلغ قطر المشتري حوالي 138 ألف كيلو متر أي ما يقرب من عشرة أضعاف قطر كوكب الأرض، ولكن وزنه النوعي يبلغ 1,3 بينما يبلغ وزن الأرض النوعي 5,5، وعلى ذلك فان الأرض على صغرها النسبي تحتوي على اكثر مما يحتويه كوكب المشترى من مادة.

ولا يعلم أحد أين يبدأ الجزء الصلب من سطح المشتري، أو ما هو مقدار الكتلة المركزية الصلبة، ولكن لا جدال في أن سطحه تعلوه 3 آلاف الكيلومترات من أجواء تموج فيها الغازات وتضطرب، وتبدو كغلاف محكم به خطوط ممتعة، وكأنها سحب تتحرك في شكل حزام يدور بسرعة كبيرة في المنطقة الخارجية من الكوكب، وتتكون من غازات مجمدة من الهيدروجين والميثان والنشادر.

ويتحرك كوكب المشترى حول الشمس في مدار يبدو بطيئا بالنسبة لسرعة دورانه حول نفسه، وتبلغ سرعته حول الشمس حوالي 13 كيلو مترا في الثانية، ويتم دورته حولها فيما يقرب من اثني عشرة سنة من سنواتنا الأرضية، ويبلغ بعد كوكب المشتري عن الشمس 773 مليون كيلو متر.

ويدور حول كوكب المشتري، مجموعة من اثني عشر قمرا أهمها أيو وأوروبا وجانيميد وكاليستو وأماليثيا. ولكن الشيء الذي يحير العلماء في كوكب المشتري هو تلك البقعة الحمراء الهائلة التي تبدو على سطحه.

### البقعة الحمراء الغامضة

هناك منطقة مميزة فوق سطح كوكب المشتري، يطلق عليها (البقعة الحمراء الكبرى)، ولم يتمكن العلماء بعد من معرفة طبيعتها على وجه

الدقة، وهي تبدو كعلامة هائلة لونها يتأرجح بين الوردي والبرتقالي، وتقع في نصف الكرة الشمالي من الكوكب، وهي بيضاوية الشكل ويبلغ امتدادها 48 ألف كيلو متر وعرفوا 24 ألف كيلو متر.

ولقد كانت هذه البقعة الغامضة قد اكتشفت في عام 1878، كمجرد بقعة باهتة اللون غير واضحة المعالم، غير أنها اليوم واضحة، وهي بخلاف العلامات السطحية الأخرى، لا تغير وضعها بل تدور مع الكوكب ولذلك استخدمها علماء الفلك في تقدير مدة دوران كوكب المشتري حول نفسه.

وقد ظن بعض العلماء أن البقعة الحمراء بركان هائل ثائر على سطح المشتري، لما يسببه من وهج أحمر فيما فوقه من غيوم، ولكن الرصد المتقن على مدى سنين طويلة، جعل علماء الفلك يرفضون فكرة البركان رفضا باتا. والرأي الراجح في الوقت الحاضر، أن البقعة الحمراء جسم صلب عائم في جو المشتري، وهذا الرأي يفسر تغير وضوح معالمها، فإذا ارتفعت هذه الجزيرة الهائلة إلى أعالي الجو، فإنها تبرز خلال ذرات الفيوم وتبدو شكلا بيضاويا كبيرا وردي اللون. وتتباطأ هذه الجزيرة الحمراء في مسيرها إذا ما ارتفعت إلى أعالي جو المشتري وابتعدت عن محوره، ولكنها عندما تهبط داخل جوه، فان الغيوم الكثيفة تحجبها إلى حد ما فلا تعود واضحة للأنظار.

## زحل.. جوهرة المجموعة الشمسية

إذا كان كوكب المشتري هو اكبر كواكب المجموعة الشمسية، فان كوكب زحل Saturn هو أجملها على الإطلاق، فقد جذب الأنظار إليه منذ اختراع التلسكوب لما يتميز به شكله الفريد الجذاب. حيث تحيط به هالة من الحلقات ذهبية اللون، أما إذا نظرنا إليه بالعين المجردة فانه لا يزيد عن كونه مجرد نقطة صفراء خافتة غير مميزة.

وتبدو هذه الحلقات الغريبة لغزا أمام العلماء، ولا يعلم أحد على وجه اليقين كيف تكونت هذه الحلقات حول كوكب زحل، والرأي الراجح بين علماء الفلك أنها بقايا أحد الأقمار التي كانت تابعة له، ولكنه تناثر في دور تكوينه عندما حاول أن يتخذ له مسارا بالقرب منه، ونتج عن ذلك أن تكون من بقاياه شريط من الرمال والأتربة والشظايا في شكل طبقي رقيق مميز.

وتتكون الحلقات حول كوكب زحل من مجموعات بعضها لامع والآخر معتم، وإذا أمكن رؤيتها بحيث نواجهها، فإنها لا تكاد ترى على الإطلاق لرقتها وقلة سمكها، مع أنها تمتد إلى مسافات كبيرة من الكوكب. وتدور الأجزاء الداخلية من حلقات كوكب زحل بسرعة كبيرة، بالمقارنة بالأجزاء الخارجية، وهو ما يتوقع حدوثه لو أن هذه الحلقات كانت مكونة من بقايا أقمار فردية متناثرة، ويقدر سمك حلقات زحل بحوالي 15 كيلو متر فقط أما طولها فيبلغ ما يقرب من 275 ألف كيلو متر. وزحل كوكب عملاق، ذو جو ثقيل ومناطق متلألئة ونطاقات من الغيوم، وله نواة مركزية من الصخر والحديد تلتف حولها قشور من الجليد. ويتم زحل دورته حول الشمس كل 5 ر29 سنة، ويبعد عنها حوالي 1425 مليون كيلو متر-أي ضعف بعد كوكب المشتري تقريبا-وهو يدور حول نفسه في 10 ساعات و 14 دقيقة فقط. وتظهر عشرة توابع حول زحل وهي تبدو منتظمة مترابطة ببعضها بعضا، وهذه الأقمار هي تيتان-القمر الوحيد لأي كوكب الذي له غلاف غازي ولكنه سام-ثم جانس وميماس وأنكلادوس وتيشيس وديون وريا وهيباريون ويابيتوس وفوبي، وتسعة من هذه الأقمار تدور في نفس الحياة دوران الكوكب، بينما يدور العاشر في اتجاه عكسي.

## أورانوس.. الكوكب الغريب

لقد كان زحل هو آخر الكواكب السيارة المعروفة منذ القديم، ولكن في عام 1781 اكتشف كوكب أورانوس فأثار دهشة العالم، فقد كان يبدو سطحه اللامع صغيرا تنعكس عليه أضواء خضراء وزرقاء. وسبب صغر هذا الكوكب هو بعده الشاسع عن الشمس (حوالي 2860 مليون كيلو متر) أي ما يقرب من ضعف بعد كوكب زحل عنها، وقد تمضي قرون عديدة قبل أن يصل أحد رواد الفضاء إلى كوكب أورانوس Uranus ذلك الكوكب النائي، وقد يكون في إرسال مركبات فضاء بلا رواد، هو السبيل الوحيد لمعرفة معلومات عن هذا الكوكب البعيد.

وتدل الحقائق المعروفة عن كوكب اورانوس، أن طريقة دورانه الغريبة حول الشمس يتميز بها عن أي كوكب آخر في المجموعة الشمسية، إذ يميل محوره عن الوضع العمودي بزاوية كبيرة، دون أن يعرف السبب في ذلك.

فكوكب أورانوس إذن يميل كثيرا على جانبه، وكأنه يتدحرج في مداره حول الشمس بينما تدور توابعه حوله، كما تدور العربات المثبتة حول عجلة الدوران الكبرى التي نشاهدها في مدن الملاهي.

ويحتفظ أورانوس بغلاف جوي سميك يحتوي على غاز الميثان والنشادر، اللذين يغلفان الجزء الداخلي الصلب، والذي يتركب من الصخور المغطاة بالثلوج وبعض المعادن. وتبلغ درجة حرارة هذا الكوكب 170 درجة مئوية تحت الصفر، وهو يتخذ لنفسه مدارا بيضاويا حول الشمس بحيث يقطع الدورة الواحدة، في مدة 84 سنة من سنواتنا الأرضية منطلقا بسرعة تبلغ 7 كيلو متر في الثانية.

ويظهر في سماء كوكب اورانوس خمسة أقمار تتسابق على طول الأفق بسرعة مذهلة، وهي ميراندا وأرييل وأمبرييل وتيتانا وأوبرون.

## نبتون.. كوكب اله البحار

لقد كان اكتشاف كوكب نبتون Neptune انتصارا لقدرة العقل البشري، فقد ثم التنبؤ بوجوده قبل رصده فعلا في السماء. إذ لاحظ علماء الفلك انحرافا غريبا في مدار كوكب أورانوس، وفسروا هذا باقترابه من كوكب مجهول وحددوا مكانه بالتقريب، ثم ثبت فيما بعد وجود كوكب في نفس المكان الذي حددوه من قبل. وقد أطلق على هذا الكوكب النائي، اسم اله البحار عند الرومان، بسبب لونه الأخضر الباهت المميز والذي يشبه لون أعماق البحار. وكوكب نبتون لا يختلف عن الكواكب العملاقة في المجموعة الشمسية، إلا في احتواء جوه على كمية أكبر من غاز الميثان، وفي عدم وجود الاضطرابات والأعاصير على سطحه.

ويسير كوكب نبتون في طريق طويل حول الشمس، فيقطع دورة كاملة في 166 سنة أرضية، بسرعة تبلغ 5 ر5 كيلو متر في الثانية. ويبلغ بعد نبتون عن الشمس 4800 مليون كيلو متر، ومن ثم تبلغ درجة الحرارة فوق سطحه 220 درجة مئوية تحت الصفر، ويدور حوله قمران عجيبان.. تريتون الضخم على بعد 350 ألف كيلو متر ونيريد الصغير الحجم الذي يبلغ متوسط بعده عن الكوكب 8 مليون كيلو متر.

ومن المعتقد أن تريتون، هو اثقل الأقمار الكائنة في المجموعة الشمسية،

ويعني أن كثافته، لا بد أن تكون كبيرة إلى حد كبير ولا يستبعد أن يحيط به غلاف جوي، رغم أنه لم يمكن رؤية هذا الغلاف في أي وقت حتى الآن. وقمرا كوكب نبتون يسيران في حركة تقهقرية بالنسبة له، ولكن نيريد يشذ في أن مداره أقرب إلى البيضاوي منه إلى الدائري، فهو يسلك مسلكا أقرب إلى المذنبات فيقترب من كوكب نبتون إلى مسافة 2 مليون كيلو متر، ثم يبتعد عنه حتى تبلغ هذه المسافة 10 مليون كيلو متر.

## بلوتو.. الكوكب الأسود Pluto

ما زال علماء الفلك في حيرة من أمر هذا الكوكب الأسود، وما يحدثه من اضطرابات قوية في سير أقرانه الكواكب العملاقة، فلا بد أن تكون كثافته كبيرة جدا ولعله مكون من معادن ثقيلة للغاية.

وإذا علمنا أن درجة الحرارة المتوسطة فوق هذا الكوكب 220 درجة مئوية تحت الصفر، وهي قريبة جدا من درجة الصفر المطلق، أي أن كل مادة موجودة فيه سواء فوق سطحه أو في باطنه، لا بد أن تبلغ أقصى كثافة ممكنة.

وقد حسب علماء الفلك مدار كوكب بلوتو من واقع أرصاد كثيرة، منذ اكتشافه في عام 1929، ومن المعروف أن مداره شاذ كبير الاستطالة، ويبلغ بعده عن الشمس 5880 مليون كيلو متر، وهو يتم دورته حول الشمس في 248 سنة أرضية. ولما كان كوكب بلوتو بعيدا جدا عن الشمس، فهو لا يعكس إلا قليلا من أشعتها خاصة وأن قطره لا يتعدى 10500 كيلو متر، وهو يبدو لنا على شكل نقطة مضيئة في سماء حالكة السواد، ولهذا أطلق عليه الكوكب الأسود.

ويعتقد علماء الفلك أن كوكب بلوتو ذو سطح اسود لامع، وقد غطته طبقة كثيفة من غازات في حالة السيولة، أو التجمد مثل الامونيا والميثان وجميع المركبات التي توجد في أجواء الكواكب العملاقة.

وسيأتي اليوم-ربما في المستقبل البعيد-عندما تقوم فيه سفينة فضاء من كوكب الأرض، متجهة إلى كوكب بلوتو.. ولا شك أن دافع الغريزة البشرية، سيكون أحد الدوافع التي تحدونا للقيام بمثل هذه الرحلة، إذ لا يوجد في كل ما قابلناه ورأيناه من عجائب ومشاهدات غريبة في كل كواكب المجموعة

الشمسية، ما يمكن أن يقارن بهذا الكوكب الوحيد النائي، الذي يكتنفه الغموض وتحيط به الأسرار.

## الحياة في الكون

يذهب بعض العلماء إلى أن الأجرام السماوية التي ليس لها أغلفة جوية، لا يحتمل أن يكون عليها كائنات حية. والفكرة السائدة الآن بين علماء الفلك، هو أن حوالي 300 مليون نجم على الأقل في مجرتنا لها أنظمة كوكبية، بيد أن الكواكب التي تدور حول هذه النجوم إما أن تكون قريبة جدا منها فتكون شديدة الحرارة، أو تكون بعيدة جدا عنها فتكون قارصة البرودة، ولا يمكن أن تستقيم عليها حياة شبيهة بحياتنا الأرضية. وان بين هذه النجوم ذات الأنظمة الكوكبية، حوالي 300 ألف نجم على الأقل قد تتبعها كواكب درجة حرارتها وظروفها الطبيعية تسمح بقيام حياة بشكل أو بآخر.

ومن الممكن بالطبع أن تكون هناك حاليا حضارة أخرى في الفضاء تبحث عنا-أو عن أي أذكياء آخرين يحتمل وجودهم في الكون-ويجب أن نقوم نحن أيضا بواجبنا في محاولة الاتصال بهم.

## رسالة.. إلى الكائنات الأخرى في الكون

أول مرة قام فيها الإنسان بمحاولة جادة للاتصال بالكائنات الذكية في الكون، كانت في 3 مارس 1972 عندما أطلقت المركبة الفضائية بايونير10 Pioneer 10 من قاعدة كيب كيندي بالولايات المتحدة.

لقد كانت بايونير 10 هي أول «مختبر فضائي» يصمم خصيصا، لاستكشاف كوكب المشتري، وكانت الصعوبة الوحيدة التي تعترض الرحلة، هي تلك الكويكبات الكثيرة التي تنتشر في المسافة الشاسعة بين كوكبي المريخ والمشتري، مما قد يدمر المختص الفضائي.

ولكن الرحلة تمت بسلام، ووصل «المختبر الفضائي» بايونير 10 إلى كوكب المشتري، وبعد استكشافه وإرسال المعلومات إلى مراكز المتابعة في الأرض، اندفع «المختبر الفضائي» إلى خارج المجموعة الشمسية ليظل ينطلق إلى ما شاء الله، بسرعة قدرها 40 ألف كيلو متر في الساعة، وهكذا يصبح

أسرع مركبة فضائية أطلقها الإنسان.

ويعتقد علماء الفضاء أن مختبر الفضاء بايونير 10، لا بد وأن ترصده حضارة ما في الكون، بفرض أن هذه الحضارة لديها معلومات وإمكانيات للسفر في الفضاء، ومن ثم وضعت رسالة من أهل الأرض.. إلى الكائنات الذكية الأخرى في الكون. و قد وصفت هذه الرسالة بأنها تشبه الرسائل التي كانت توضع في زجاجات فارغة، وتلقى في مياه البحار والمحيطات بأمل أن يلتقطها شخص ما، ولكن محيط الفضاء لا شك اكثر اتساعا بصورة مذهلة، إذا ما قورن بأي محيط فوق الأرض. وقد كان مسئولا عن تصميم هذه الرسالة، العالم الفضائي الأمريكي كارل ساجان. و فرانك دربك من وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA). ولقد وضعت الرسالة فوق عامود هوائي مختبر الفضاء بايونير 10، ويبلغ حجم الرسالة 23x15 سنتيمتر، وهي مصنوعة من سبيكة من الذهب والألومنيوم، ذلك أن معدل تحلل هذين المعدنين ضعيف جدا في الفراغ الخارجي، ويعتقد العلماء بأن هذه اللوحة المنقوش عليها الرسالة ستظل دون فناء، لملايين السنين.

وقد كتبت الرسالة باللغة المشتركة بين سكان كوكب الأرض، وبين أي كائنات ذكية في الكون، إنها لغة العلم.

ولكن ما هي محتويات هذه الرسالة الغريبة؟

كما يتضح من الصورة (شكل-13)، ففي أعلى اليسار محتويات ذرة الهيدروجين (أبسط ذرة في الكون)، إلكترون واحد وبروتون واحد. ومن المعروف أن ذرة الهيدروجين تبعث بنبضات لاسلكية طول موجتها حوالي 21 سنتيمتر (وهو يمثل المسافة)، وذبذبة قدرها 1420 مليون نبضة في الثانية (وهو يمثل الوقت)، فهناك إذن رمز للزمن وللمسافة.

وحيث أن ذرة الهيدروجين هي اكثر الذرات انتشارا في الكون، وبفرض أن مفهوم الفيزياء لا يتغير في كل أنحاء الكون، فانه من اعتقد أن تصل الكائنات الذكية في أي كوكب آخر، إلى إدراك مفهوم هذا الجزء من الرسالة. وعلى يمين الرسالة نجد الرقم الثنائي الحسابي Binary 8 (وهو يمثل بالرقم 1000) بين أ، ب وهي التي تحدد طول مختبر الفضاء، وبضرب هذا الرقم (8) بمسافة طول موجة الهيدروجين (21 سنتيمتر)، فيكون الناتج 168 سنتيمتر وهو طول مركبة الفضاء التي يبدو رسمها خلف صورة الرجل والمرأة. أما

الدوائر التي تظهر في أسفل الرسالة، فهي تمثل كواكب المجموعة الشمسية، وتظهر الشمس في أقصى اليسار وعلى يمينها الكواكب التسعة. ويبدو من الرسالة أن يختبر الفضاء قد أطلق من الكوكب الثالث من الشمس (كوكب الأرض)، ثم خرج من نطاق المجموعة الشمسية بعد أن مر بالكوكب السادس (كوكب المشتري)، وانطلق إلى الفضاء الخارجي.

أما نموذجا سكان الأرض، الرجل والمرأة، فيبدو طولها واضحا انه حوالي طول مختبر الفضاء، أي 168 سنتيمتر. أما الرجل يرفع يده اليمنى.. علامة السلام. وحيث أن البحث عن المخلوقات العاقلة في الفضاء، يعبر عن حلم قديم للإنسان. لذا يحاول علماء الفضاء دائما أن يحولوا هذا الحلم إلى حقيقة. وكان آخر هذه المحاولات، إطلاق فوياجر-22- Voyager في شهر سبتمبر 1977، وهي أكثر تطورا من بايونير-10 وأيضا مهمتها البحث عن الحياة العاقلة داخل بلايين الكواكب المنتشرة في الفضاء، أنها أطول رحلة في تاريخ البحث العلمي، فسوف تقطع. فوياجر-2 مسافة طولها 880ء مليون كيلو متر لتصل إلى أبعد كواكب مجموعتنا الشمسية، ثم تواصل بعد ذلك مسيرتها الكبرى خارج حدودنا الفضائية لتقطع البلايين من الكيلومترات، تبحث بأمل وقلق عن مخلوقات ذكية تستجيب لنداء أهل الأرض في الاتصال بالكائنات الأخرى للكون.

والواقع أن الجانب الإنساني لهذه الرحلة الكبرى، يتمثل في رسالة هيئة الأمم المتحدة التي تقول (تحياتنا نرسلها لكم نيابة عن أهل كوكبنا، لقد انطلقنا خارج مجموعتنا الشمسية لأهداف سلمية، ولا نسعى إلا للسلام والصداقة). وتلك كلمات عميقة، ربما تجد من يقرؤها في الفضاء فيحدث أكبر وأروع لقاء في تاريخ كوكب الأرض. والجانب العلمي الكبير لهذه الرحلة، يكمن في الأجهزة المتطورة التي تحملها فوياجر-2 وتعتبر احدث ما اكتشفه العلم من الأجهزة الإلكترونية، ويشرف عليها ستة حاسبات إلكترونية (كومبيوتر)، كما تستمد طاقتها من ثلاثة مولدات نووية أن هذه الرحلة التاريخية تعتبر من أهم المنجزات العلمية في عصر الفضاء.

### الأقزام السابحة في الفضاء

إن تلك المجموعة الغريبة من الأجسام الصغيرة التي تنتشر كبحر بلا

حدود، بين كوكبي المرء والمشتري، تستحق منا بعض المناقشة والتأمل. ومما لا شك فيه أن هذا الشريط من الكويكبات Asteroids سيحظى بنصيب من عمليات الاستكشاف، لا يقل عن نصيب أي كوكب من كواكب المجموعة الشمسية. وهذه العائلة من الكويكبات، أطلق عليها علماء الفلك اسم (وباء السماء) عندما فاقوا ذرعا بها، بسبب ما أحدثته لهم من مضايقات أثناء عمليات تصوير الأجرام السماوية البعيدة. ولقد عرف-حتى الوقت الحاضر- حوالي عشرين ألفا من هذه الكويكبات تتراوح أحجامها بين كيلو متر واحد و 800 كيلو متر، والرأي الراجح عند العلماء أن هناك الملايين منها ولكنها من الصغر بحيث لا يمكن رصدها.

وتدور هذه الكويكبات في مدار حول الشمس، كمجموعة من الفتات الكوكبي.. أقزام سابحة في الفضاء، تسبب الحيرة في تفهم طبيعتها ومم نشأ وتشكل لغزا يحير العلماء. ومعظم هذه الكويكبات، صغيرها وكبيرها، موزعة في شريط كبير حول الشمس، وليس هذا التنظيم ككل هو الذي يتخذ له مدارا حول الشمس، بل إن كل واحدة من هذه الكويكبات له مداره الخاص به ويدور فيه حول الشمس، كأنما لا يربطه بالمجموعة أية رابطة ومن ثم يظهر هذا الشريط بشكل غير منتظم.

ويتزايد عدد الكويكبات في اتجاه مركز الشريط، ثم تخف كثرتها تدريجيا، ولكن لا تبلغ درجة تكثفها في أكثر المناطق ازدحاما حدا يعوق سفن الفضاء، إذ من الممكن أن تمر خلالها عشرات المرات دون أن تصادف كويكبا واحدا.

وقد اكتشفت هذه الكويكبات، عندما اتضح من الدراسات الفلكية أن المسافة بين مدار المريخ ومدار المشتري، تبدو غريبة تتعارض مع ذلك التوافق القائم بين أبعاد الكواكب الأخرى في المجموعة الشمسية، وفي هذا الموقع الذي يتميز بعد التناسق الهندسي لنظام المجموعة الشمسية. اكتشف شريط الكويكبات لأول مرة في عام 1801.

وقد لاحظ علماء الفلك عدم الانتظام في مدارات هذه الكويكبات، التي تبدو كأقزام وسط عالم من العمالقة، وهنا بدأ التساؤل عن احتمال حدوث اصطدامات بسبب تقاطع مدارات هذه الكويكبات بمدارات الكواكب التسعة الكبرى. والحقيقة أنه ليس من المستبعد أن تحدث مثل هذه الاصطدامات

في وقت من الأوقات، إلا أن القوانين الفلكية لا ترجح هذا الاحتمال، إذ أن تحركات الكواكب الكبرى لا تحدث جميعها في مستوى واحد، كما أن مدار أي كويكب لا يقع في مستوى مدار كوكب الأرض أو في مستوى مدار أي كوكب آخر في المجموعة الشمسية. وإذا حدث واقترب كويكب في مداره من الأرض، فانهما لن يتقابلا بل سيمر الواحد منهما فوق الآخر بمسافة هائلة.

ولا توجد وسيلة لتجميع المعلومات عن هذه الأقزام السابحة في الفضاء، بين كوكبي المريخ والمشتري، إلا بتجميع فتات الحقائق عن طريق الأرصاد المتناثرة من فوق الكرة الأرضية.

وأول مشكلة تقابل علماء الفلك، في دراسة هذه الكويكبات، هو مدى الصعوبة في محاولة دراسة أشكال هذه الأجسام الفضائية الصغيرة ومعرفة تكوينها. فمن المعروف أن أي جسم في الفضاء يبلغ حجمه وكثافته قدرا معينا، لا بد وأن يتخذ شكلا كرويا إن آجلا أو عاجلا، وذلك بتأثير عوامل الجاذبية الذاتية، فتتشكل أركانه وسطحه ثم تعمل قوى الجاذبية الطبيعية فيها على تحطيم الأطراف البارزة وجذب فتاتها إلى الأماكن الغائرة، وهكذا تعمل تدريجيا على استدارة الأحرف الحادة حتى يصبح الجسم الفضائي كروي الشكل.

أما بالنسبة لشريط الكويكبات، ولأنها صغيرة الحجم للغاية، فإنها لا تمتلك من قوى الجاذبية ما يمكنها من التغلب على قوى الشد فيها، ومن ثم فهناك كويكبات مربعة أو مدببة أو مثلثة أو مستطيلة، أو على أي شكل آخر وجدت فيه منذ تكونها.

وتوجد فعلا بعض الكويكبات بأشكال غير منتظمة، كما أن أسطحها غير مستوية ومن ثم فان هذه الأجسام الفضائية تعكس الضوء بشكل يختلف عن باقي الأجرام التي تسبح في الفضاء، فبينما يعكس بعضها الإضاءة الساقطة عليه بشدة ملحوظة، نجد أن البعض الآخر منها لا يعكس إلا ضوءا خافتا لا يكاد يرى.

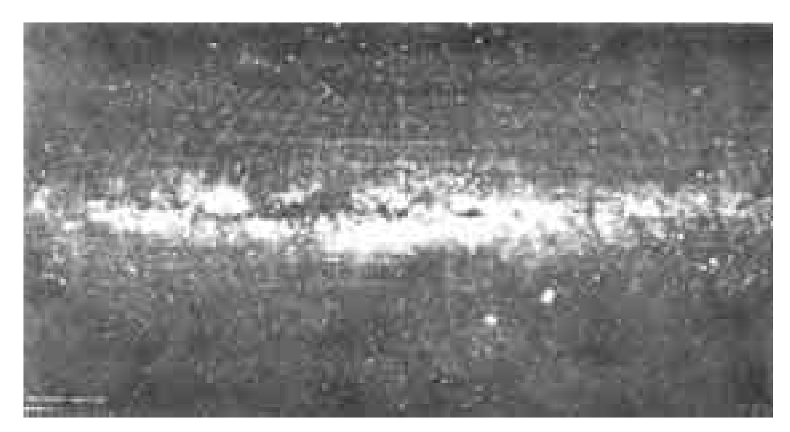
وتتوقف قوة انعكاس الضوء من فوق سطح الكوكب-الذي ليس له غلاف جوي-على تركيب المواد المكونة للسطح وعلى لونه، ولذلك نجد أن السطح المغطى بطبقة من الجليد قادر على عكس الإضاءة الساقطة عليه، بدرجة

أكبر من سطح مسامي من الصخر الأسود.

ولقد اتضح لعلماء الفلك أن بعض الكويكبات تعكس ضوءا شديدا، لا يتناسب مع أحجامها بدرجة اعتقدوا معها، بأنها مغطاة بطبقة من الجليد، بينما شوهدت أخرى تعكس ضوءا خافتا، مما دعاهم إلى الاعتقاد بأن سطوحها تتكون من صخور مسامية لا تعكس الإضاءة، أو أنها على درجة من الوعورة بحيث لا تعكس سطوحها في الاتجاهات المناسبة.

ويتساءل علماء الفلك أيضا.. كيف تكونت هذه الأقزام الفضائية؟ تقول نظرية حديثة، بأن هذه الأجسام الفضائية الصغيرة ما هي إلا فتات لكوكب هائل انفجر، فهي تفترض أن كوكبا كان موجودا بين كوكبي المريخ والمشتري، وكان شبيها بهما ثم حدث انفجار-بسبب مجهول-أودى به وحطمه إلى قطع متناثرة أصبحت كويكبات تدور في شريط غير منتظم حول الشمس.

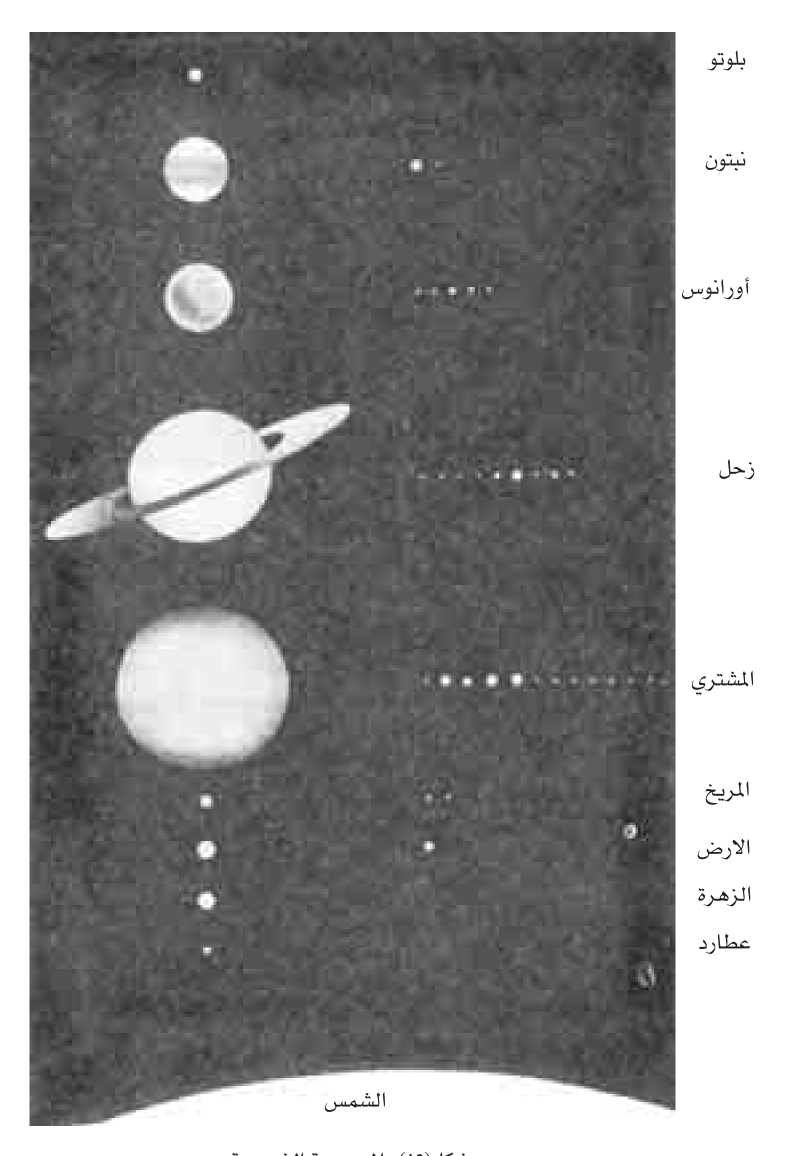
ومهما يكن أصل هذه الأقزام السابحة في الفضاء، فإننا نعلم القليل عن المادة التي تتكون منها، ويغلب أنها تتكون من نفس المادة التي يتكون منها كوكب الأرض.. فما هي إلا قطع من الصخر والمعادن المختلفة من كل الأحجام، ولا يمكننا أن نقطع على وجه الدقة أي المعادن موجودة بها، قبل أن نذهب إلى هناك ونكتشفها بأنفسنا.



شكل(8): مجرة الطريق اللبني



شكل(9): السنة الغاز في الشمس يبلغ طوله حوالي 000 , 200 كم.



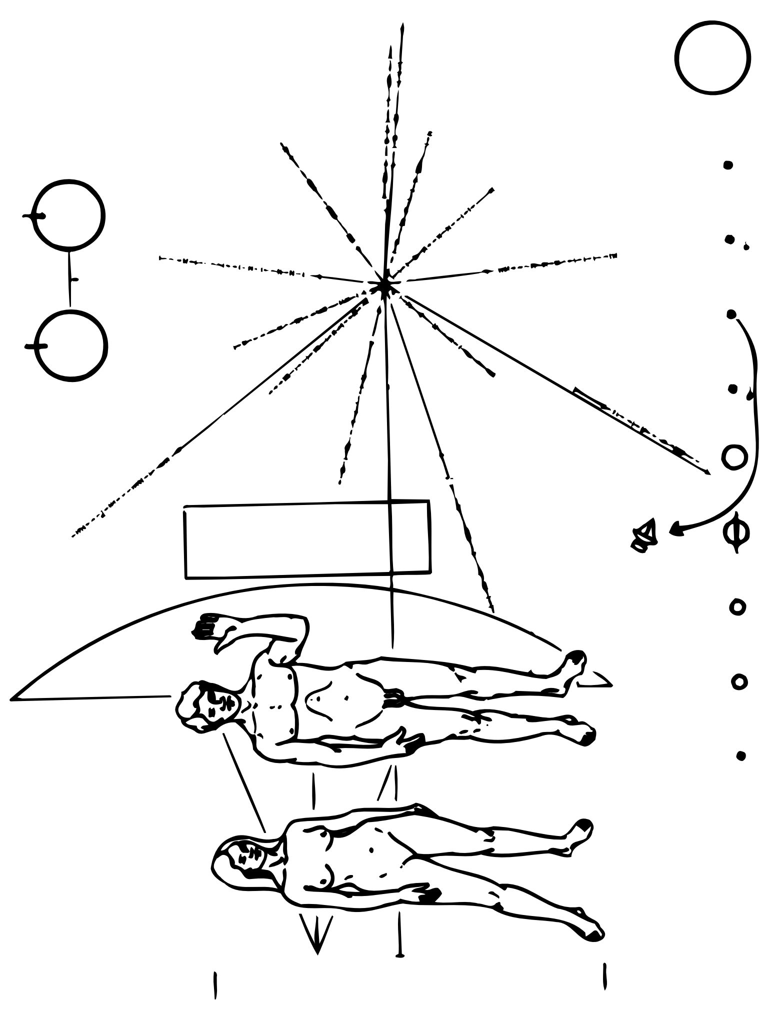

شكل(15): المجموعة الشمسية



شكل(11): مجرة الطريق اللبني ومكان مجموعتنا الشمسية



شكل(12): نطاق الجاذبية الأرضية



شكل(13): رسالة الارض الى الكائنات العاقلة في الكون

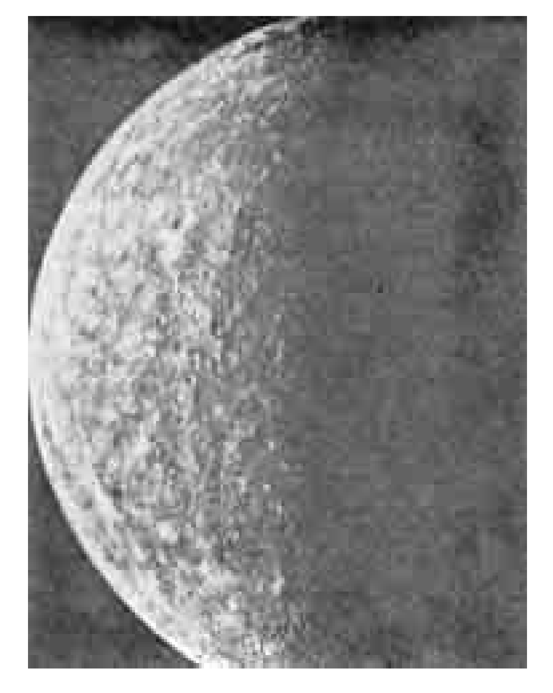


شكل(14): الشهاب

شكل(15): تفاصيل اجزاء القمر (الوجه المقابل للارض)



شكل(16)
كوكب الزهرة



شكل(17): كوكب عطارد



شكل(18): كوكب المريخ كما يبدو من قمره ديموس



شكل(18-1): أورانوس وثلاثة من أقماره



شكل(19): نبتون وقمره ترايتون

# 3 علم الفلك الراديوي

## دراسة ضوء النجوم

كانت طبيعة الضوء، سرا من الأسرار بالنسبة للفلكيين القدماء، حتى جاء السير اسحق نيوتن واكتشف في عام 1666 أن شعاعا أبيض من الشمس، يتحلل إلى عدة ألوان تكون قوس قزح. ولا شك أننا جميعا نعرف قوس قزح ذا الألوان الزاهية التي تتدرج من الأحمر إلى البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي ثم البنفسجي. ولقد تمكن نيوتن من أحداث قوس قزح في مختبره، بأن أمر شعاعا ضوئيا في منشور زجاجي، فخرج الضوء وقد تفرق إلى هذه الألوان، وتسمى مجموعة الألوان التي يتفرق إليها الضوء بلطيف المرئي Visible Spectrum، ويفسر حدوث هذا الطيف بأن الضوء القادم عن الشمس مثلا أو عن أي مصدر ضوئي آخر، يتكون من الموجات ذات الترددات المختلفة (أي عدد الذبذبات الحادثة في الثانية الواحدة). وتسير هذه الترددات بسرعة واحدة في الفضاء، ولكن تختلف سرعة كل منها عن الأخرى عندما تمر في وسط أكثف من الهواء فتتكسر وتخرج في مجموعات طبقا لتردداتها، وتردد الموجة هو في الحقيقة الذي يحدث في العين الإحساس بالألوان.

ولقد تطورت طرق قياس الطول الموجي، ومن ثم الترددات للأضواء المنبعثة من المصادر المختلفة، بواسطة جهاز المطياف أو جهاز التحليل الطيفي Spectroscope. فقد وجد أن العناصر عندما تتوهج وهي في حالتها الغازية، تبعث بإشعاعات تتركب من مجموعات محددة من الترددات مميزة لها، ولكل عنصر تردداته الخاصة به. وقد هيأت هذه الظاهرة طريقة سهلة ودقيقة للتعرف على النجوم، التي نجهل تركيبها والتي تبعد عنا مسافات شاسعة في الفضاء، فالضوء ليس رسولا ينقل لنا الصورة العامة للأشياء، كما نتوقع منه، فحسب بل انه ينقل إلينا أيضا تفصيلات تركيبها وحركاتها. قد لاحظ العالم الألماني فراونهوفر عام 1814، أن ثمة خطوطا سوداء في طيف الشمس واتضح له أن معنى هذه الخطوط هو أن عناصر معينة في جو الشمس قد امتصت الضوء من الطيف، وبسبب ذلك ظهرت هذه الخطوة السوداء. وبتحديد مواقع تلك الخطوط من الطيف كله، أمكن تعيين الأطوال الموجية للأضواء التي اختفت من طيف ضوء الشمس أثناء رحلته من سطحها إلى الأرض. ووجد فراونهوفر أنها مطابقة للأطوال الموجية للأضواء التي تبعث بها أبخرة عناصر من تلك المعروفة على الأرض، وبذلك أمكن معرفة العناصر الموجودة في جو الشمس.

وهكذا، وللمرة الأولى، لم تعد النجوم مجرد نقط صغيرة متوهجة من الضوء، بل أجراما سماوية لها ميزاتها التي تنفرد بها، ومع ازدياد كفاءة الأدوات المستخدمة في تحليل الضوء، اصبح علم التحليل الطيفي فرعا لا غنى عنه من فروع الفلك، وقد بنيت على اكتشافات الفرع العديد من النظريات الحديثة عن الكون.

ومن دراسة أطياف الأضواء الصادرة عن النجوم، استطاع علماء الفلك أن يتبينوا أنها تحوي نفس العناصر المعروفة لنا على الأرض، كالحديد و الكالسيوم والماغنسيوم والأوكسجين والهيدروجين والصوديوم.. الخ.

### طاقة من أعماق الفضاء

أن تطور مفاهيم الإنسان عن الكون قد حدث ببطء شديد خلال تتابع السنين، كان كالطفل يتعثر في خطاه، والدرس كان عسيرا. فالفضاء يكشف عن أسراره بتقتير شديد، فلا يزال المعروف عن النجوم أقل بكثير مما

يرغب العلماء، ومهما يكن الغموض الذي جابه علماء الفلك فهناك أجسام كونية غريبة ما زالت تحيرهم، اكثر من غيرها، مثل الكوزارات أو أشباه النجوم.

وعندما قام علماء الفلك-أثناء دراستهم للكون-بتحليل أضواء المجرات المجاورة لنا نسبيا، وجدوا أن لها أطياف امتصاص، أي مجموعات من الخطوة السوداء (خطوط فراونهوفر) الناجمة عن مختلف العناصر التي تحتويها. وكانت هذه الأطياف شبيهة بأطياف الشمس والنجوم القريبة، وهذا يدل على انتظام وتجانس أكيد في المادة، ليس على مستوى المجرات فحسب، بل بالنسبة للكون جميعا.

في عام 1929 لاحظ العالم الفيزيائي ادوين هبل Edwin Hubble أمرا عجبا، فقد ظهرت له خطوط أطياف المجرات البعيدة منزاحة نحو اللون الأحمر من الطيف، بشكل منظم ودائم، وكذلك ازدادت كل أطوال أمواج الإشعاعات، وكانت هذه الزيادة أكبر كما كان بعد المجرة عنا اكثر.

وقام العالم هبل بدراسة أكثر من مائة وخمسين مجرة، وتبين له أن ثمة قانونا يمكن استنباطه من هذه الدراسة، وهو أن إزاحة خطوط الطيف نحو اللون الأحمر يتناسب طرديا مع بعد المجرة.

وبعد تجارب عديدة، اتضح للعلماء انه كما تنخفض طبقة الصوت عندما يبتعد مصدره، كذلك ينبغي تفسير إزاحة الخطوط الطيفية نحو الأمواج الطويلة (الأحمر)، بأن المصدر أي المجرة تبتعد عنا.

إن معظم معلوماتنا عن الأجسام الفضائية، أمكن الحصول عليها من تحليل الضوء، والأشكال الأخرى للإشعاعات الكهرومغناطيسية (التي تنتج من تفاعل الجزيئات المشحونة-غالبا إلكترونات-مع المجالات المغناطيسية في الفضاء، ومن ثم فهي تحتوي على مجالات مغناطيسية وكهربية)، مثل موجات الراديو والأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء.. الخ، وإذا كان الضوء هو أساس الكثير من الدراسات الفلكية وهنا نتساءل، ما هي طبيعة الضوء؟

أن الضوء هو شكل من أشكال الطاقة Energy وجزء من الأشعة الكهرومغناطيسية Electromagnetic، وهو يتكون من وحدات يطلق عليها اسم الفوتونات Photons وكل منها تحتوي على نبضة طاقة.

وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون، فالفوتون الخاص بالأشعة السينية له من الطاقة ما يساوي تريليون (مليون مليون) مرة، قدر فوتون موجات الراديو. أن الإشعاع يتكون من وحدات فردية يطلق عليها اسم «كم» Quantum أو الفوتون، وإذا ما تجمع عدد كاف منها، فأنها ترتب نفسها في شكل موجي. وموجة كل نمط من الإشعاعات لها طول خاص لها، ومن ثم فإننا نتعرف على الإشعاع بأطوال موجاته، فمثلا الإشعاعات ذات الموجات الطويلة (من بضعة آلاف من الأمتار إلى نحو عشر سنتيمتر) هي الموجات الراديوية Radio Waves، أما الإشعاعات التي تبلغ أطوال موجاتها (من عشر سنتيمتر إلى ثمانية أجزاء من مائة ألف جزء من السنتيمتر) هي الأشعة تحت الحمراء أي الأشعة الحرارية، Infra Red، والأشعة التي تلي ذلك (من ثمانية من مائة ألف إلى أربعة من مائة ألف من السنتيمتر) هي الضوء المرئي Visible Light.

وتشمل الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet، تلك الإشعاعات التي تبلغ أطوال موجاتها (من أربعة من مائة ألف إلى واحد من مليون من السنتيمتر)، ويأتي بعد ذلك مدى الأشعة الستينية أو أشعة اكس X Rays (من واحد من مليون إلى واحد من ألف مليون من السنتيمتر)، والأشعة التالية لذلك في قصر الموجة هي المعروفة باسم أشعة جاما Gamma Rays(وتقل طول موجاتها عن واحد من ألف مليون من السنتيمتر).

ومما هو جدير بالملاحظة أن طول الموجة، يتناسب عكسيا مع ترددها أي أن الموجات ذات التردد العالي تكون أطوالها قصيرة والعكس صحيح. كما أنه كلما قصر طول الموجة، زاد نشاط وحداتها (أي الفوتونات)، وهذا هو السبب في أن أشعة جاما والأشعة السينية وحتى الأشعة فوق البنفسجية، شديدة الإتلاف لأنسجة الكائنات الحية، في حين أن الأشعة الراديوية (طويلة الموجة) لا تؤذيها إطلاقا.

ويمكن تلخيص الموجات وأطوالها فيما يلي:

نلاحظ من (الشكل-20) أن الضوء المرئي يمثل جزءا يسيرا جدا من مدى الأشعة الكهرومغناطيسية بين موجات الراديو وأشعة جاما، أي انه من بين هذا المدى الواسع في طول الموجات، من الموجات الراديوية إلى أشعة جاما، لا تتأثر حاسة البصر عند الإنسان إلا بشريط ضيق جدا.

## سر الطيف العجيب

ما دامت المسافات الهائلة التي تفصل بين النجوم تعد بآلاف الملايين من الكيلو مترات، فان سرعات تحركها قد تصل إلى مئات الكيلومترات في الثانية الواحدة. ولقد تدخل علم الفلك الحديث في قياس سرعات النجوم، بدقة بلغت حدا كبيرا لا يتجاوز الجزء البسيط من الكيلو متر في الثانية، وذلك باستخدام أطياف الضوء الصادر من كل نجم.

وكما أن دراسة الطيف، كانت وسيلة علماء الفلك لمعرفة العناصر التي تكون النجوم، فكذلك كان الطيف وسيلتهم لقياس سرعة حركة النجوم. ولقد لعبت نظرية طبيعية يطلق عليها نظرية دوبلر Doppler دورا رئيسيا في هذا المضمار.

ونظرية دوبلر (أو أثر دوبلر كما يطلق عليها أحيانا) نشأت عندما لاحظ هذا العالم، أن الموجات الصوتية تزداد حدتها إذا كانت صادرة من جسم يتحرك نحو الراصد، بينما تخفت إذا كانت الموجات صادرة من جسم يتحرك بعيدا عنه. ومعنى ذلك عمليا، أن الموجات الصادرة من جسم متحرك تقصر فتزداد حدتها، إذا كانت مقتربة. وعلى العكس، تطول موجاته وتخفت حدتها إذا كانت مبتعدة. وحيث أن الضوء ينتشر في موجات تشبه موجات الصوت في كثير من الخواص، والضوء الذي ينطلق له طول موجة معين، وطول الموجة في الضوء يناظر الطبقة في الصوت، وطبعة الضوء هي تماما ما نقصده باللون. وقد لوحظ أن الذرات التي يعتريها نفس التغير في الوضع، تصدر ضوءا من نفس اللون، ويصف العلماء هذا الحدث بقولهم أن الذرات تصدر خطا طيفيا.

وعندما تكون الذرات التي تصدر الضوء متحركة، فان لون الضوء الذي نستقبله منها يتغير تبعا لاتجاه الحركة، فإذا كانت تلك الذرات متجهة نحو الراصد فان طبقة الضوء ترتفع أي تزداد في طول موجاتها أي تنزاح نحو اللون البنفسجي، تماما كما يرتفع صوت القطار عندما يكون مقتربا منا. وبالعكس، تنخفض طبقة الضوء أي تزداد موجاتها طولا أي تنزاح نحو اللون الأحمر عندما تكون الذرات مبتعدة عن الراصد، وليس الأمر مقصورا على ذلك بل أن الدرجة التي ترتفع بها الطبقة أو تنخفض، تتوقف على السرعة التي تتحرك بها الذرات نحو الراصد أو بعيدا عنه، فكلما زادت

السرعة زادت الإزاحة في الطيف.

وهذا يفسر الطريقة التي يستخدمها علماء الفلك، لتقدير سرعات النجوم والمجرات في الكون، إذ أن قياس خطوة الطيف التي يستقبلها الراصد من المادة الموجودة بجو النجم، أو بسحابة الغاز الكوني، تمكن الراصد من معرفة ما إذا كان قد حدث تغير في الدرجة والى أي مدى. ومن قياس الإزاحة، نستطيع بسهولة تقدير السرعة التي يتحرك بها النجم أو المجرة أو سحابة الغاز الكوني.. وعندما شاهد علماء الفلك أطيافا مختلفة للنجوم، لاحظوا تغير مواضع خطوهـ الطيف عليها مما يدل على تحركها، فاستدلوا من ذلك على اتجاه حركة النجوم باستخدام نظرية دوبلر، التي تقول باختصار-كما سبق وذكرنا-انه عندما تنتقل الخطوط في الطيف إلى ناحية اللون البنفسجي، فذلك يعني أنها نجوم أو مجرات تقترب من الراصد، لان موجات اللون البنفسجي موجات قصيرة. أما النجوم والمجرات التي تنتقل خطوط طيفها إلى ناحية اللون الأحمر فهي تتحرك مبتعدة عن الراصد.

وبمقارنة تحركات الخطوط في الطيف لنجم معين أو لمجرة محددة، مع طيف آخر معروف تحركه وسرعته، يمكن تقدير سرعة النجم الجديد المتحرك أو المجرة السابحة في الفضاء.

وعندما تحدث الإزاحة ناحية اللون الأحمر Red Shift، فان العلماء يطبقون أثر دوبلر ويستنتجون منه أن النجم أو المجرة تبتعد عن الراصد، وقد تكون الإزاحة في ضوء النجم المرصود صغيرة إلى حد يصعب معه على العين البشرية، أن تلحق ذلك التغير الطفيف في موضع الخط الطيفي، وقد يفترض العالم الفلكي في هذه الحالة أن السرعة التي تدل عليها هذه الإزاحة لا تتجاوز بضعة كيلو مترات في الثانية.

ولكن الإزاحة في ضوء المجرات المرصودة أكثر من ذلك بكثير، والخطوط الزرقاء تنزاح بطبيعتها على طول الطيف كله فتصبح حمراء.. وإذا كانت هذه الإزاحة عائدة إلى أثر دوبلر، فان المجرة إذن تكون ذا سرعة هائلة تقدر بآلاف الكيلو مترات في الثانية، وهي تبتعد عنا.

وكان هناك دائما شك يراود أذهان علماء الفلك، فيما يتعلق بخطوط الإزاحة، حتى أن العالم هابل الذي وقف حياته على دراسة المجرات وأطيافها،

أطلق على هذا الأثر (الإزاحة الحمراء) بدلا من أن يسميه (تباعد المجرات)، لان الإزاحة نحو اللون الأحمر ظاهرة لا سبيل إلى إنكارها، ولكن تفسيرها يحتمل بعض الشك.

ومهما يكن من أمر، فان علماء الكون Cosmologists في خلال السنوات الثلاثين الأخيرة، قد أوضحوا أن تمدد الكون بشكل عام أمر محتمل، وان في وسعنا أن نؤكد أن المجرات تتباعد عنا بسرعة هائلة.

وهناك صعوبات عديدة في قياس الدرجات المتطرفة للإزاحة نحو اللون الأحمر من الطيف، فالضوء القادم من مجرة ما تضعفه المسافة الشاسعة وتقلله الإزاحة نفسها، وإذا أصيبت فوتونات الضوء بتناقص في ذبذبتها، فإنها تفقد طاقتها كنتيجة لهذا ومن ثم يصبح اكتشافها أمرا تكتنفه الصعوبات.

وليس لنا أي أمل في رؤية أية مجرة وهي تسرع مبتعدة عنا، وذلك لان الطاقة المنبعثة منها لن تصل إلينا، فالفوتونات ستبلغ غاية الضعف نظرا لسرعة المجرة في الابتعاد عنا.

والضوء الضعيف الآتي من المجرة يجب أن يجمع بعناية فائقة، وأن يتم الاستفادة منه بشكل فعال، فتجمع الفوتونات بانعكاسها على مرآة مصقولة صقلا متقنا-كمرآة الخمسة أمتار في مرصد بالومار بالولايات المتحدة-ثم تجمع في بؤرة وتمرر خلال مطياف وتركز على لوحة تصوير غاية في الحساسية. وهذا النوع من اللوحات حساس الألوان Panchromatic. وبرغم هذا فعلماء الفلك-حتى ولو توفرت لهم أدق الأجهزة-يحتاجون إلى ساعات عديدة يعرضون فيها اللوحة للضوء إذا شاءوا تسجيل الإزاحة نحو اللون الأحمر، من مجرة سحيقة البعد.

ولما كان علماء الفلك يرون في (احمرار) المجرات البعيدة برهانا على ابتعادها، ولما كانت هذه الظاهرة تبدو وتتجلى في جميع أرجاء الفضاء، فلا بد من افتراض أن الكون في حالة تمدد جبار. وعندما تغوص أجهزة الرصد في أعماق الفضاء البعيد، تتضح ظاهرة الإزاحة نحو اللون الأحمر بشكل واضح، وذلك لان تحليل الطيف يظهر تناسبا دقيقا بين الابتعاد وبين إزاحة خطوط الطيف، إلى حد أننا الآن نستطيع تقدير أبعاد المجرات بمجرد فحص أطيافها.

فإذا فرضنا سرعة تبلغ 24 كيلو متر/ ثانية في حالة بعد قدره مليون سنة ضوئية، فذلك يعني أن المجرة الواقعة على بعد 500 مليون سنة ضوئية، تبتعد عنا بسرعة 12 ألف كيلو متر/ ثانية، وتبلغ السرعة 120 ألف كيلو متر في الثانية على بعد 5000 مليون سنة ضوئية.

وفي عام 1962 تمكن العالم الفلكي منكوفسكي من رصد مجرة يطلق عليها (3C 295) من مرصد بلومار ووجد أن سرعتها في الابتعاد عنا تبلغ 135 ألف كيلو متر/ ثانية أي 45٪ من سرعة الضوء، وقدر هذه السرعة لان الخط الطيفي المزدوج فوق البنفسجي للأوكسجين، وطول موجته 37 وميكرون (الميكرون جزء من ألف من المليمتر) قد انتقل إلى الأحمر (54ر ميكرون).

ولا تظهر الإزاحة نحو الأحمر في مجموعة المجرات المحلية (أي اقرب 17 مجرة إلى مجرتنا)، لكنها تظهر وتتزايد كلما أوغلنا في الفضاء. وهناك تناسب تقريبي بين السرعة والمسافة، فالسرعة تتزايد بمقدار 32 كيلو متر في الثانية لكل ابتعاد مقداره مليون سنة ضوئية في الفضاء.

ولا يمكن أن يستمر هذا الأمر إلى ما لا نهاية، لان سرعة الضوء (300 ألف كيلو متر في الثانية) وهي في نظر علماء الفيزياء، سرعة حدية لا يمكن أن يصل إليها جسم مادي. ففي حالة افتراض أن سرعة الابتعاد تتناسب دائما مع بعد المسافة، فان سرعة ابتعاد مجرة ما تصل نظريا إلى سرعة الضوء إذا كانت تقع على بعد 13 بليون (ألف مليون) سنة ضوئية منا، ويعني ذلك أنه على هذا البعد لا تبقى للكون آثار، إذ يقدر العلماء عمر الكون بعشرة بلايين سنة ضوئية فقط.

## نظرة بالعين الراديوية

كانت النجوم توصف منذ قديم الزمن بأنها ثوابت لا تتحرك، ذلك أنها تظهر كما لو كانت مثبتة في مكان محدد بالسماء. وبالرغم من هذا الوضع الظاهري، فهي تتحرك بسرعات هائلة في الفضاء، ويرجع السبب في أن العين المجردة لا يمكنها اكتشاف هذه الحركة، إلى أن النجوم بعيدة جدا لدرجة أنها يجب أن تتحرك مسافة هائلة حتى يتم الإحساس بتغير ملحوظ في مواقعها.

ولقد سبق بيان كيفية الاستدلال من نظرية دوبلر، على مدى سرعة

النجوم وذلك بدراسة خطوة الطيف، وتسمى هذه بالسرعة الخطية وهي إحدى الطرق التي تستخدم لتحديد سرعة النجم واتجاهه، أما الطريقة الثانية فهي عبارة عن اتجاه حركة النجم عبر خط البصر وتسمى بالسرعة المماسة.

ويمكن اكتشاف الحركة المماسة وقياسها عن طريق تصوير النجم ثم انتظار بضع سنوات، وإعادة التصوير مرة أخرى، ومن مقارنة الصورتين يتضح لنا التغيير في موقع النجم، بالنسبة لخلفية النجوم البعيدة جدا التي لا تظهر لها في هذه الفترة القصيرة أية حركة مماسية.

لقد ظل علماء الفلك-على مدى سنين عديدة-يشعرون بشيء من الفخر، إذ يرون أن في وسعهم إحصاء عدد من النجوم اللامعة في السماء إحصاء دقيقا، ولكنهم كانوا يرون جزءا يسيرا من الكون العظيم. ففي الفضاء المظلم بين النجوم-الفضاء الذي كان يظن أنه خواء منذ القدم-أصبح معروفا بأنه يحتوي العديد من الأجسام الفضائية التي تشع موجات راديوية لا تراها العين البشرية. فمن مشاهدة عارضة لظاهرة طبيعية غريبة-ظاهرة نبض النجوم-بدأ علم الفلك في بناء علم حديث،) أطلقوا عليه اسم (علم الفلك الراديوي) Radio Astronomy وبعد الحرب العالمية الثانية، أخذ هذا الفرع من العلم ينمو وراح يقترب حثيثا من علم الفلك البصري التقليدي، حتى حان الوقت الذي وجه فيه فلكيو مرصد بلومار المنظار الهائل، نحو الموضع الذي حدده لهم الفلكيون الراديوويون، لأكبر مصدر لأمواج النبضات الراديوية في الفضاء، فكانت النتائج لهذا العمل المشترك موضع اهتمام علماء الفلك في كل أنحاء العالم.

ويمكن تعريف علم الفلك الراديوي بأنه (علم دراسة الأجرام السماوية باستقبال موجات الراديو التي تنبع من تلك الأجرام الفضائية).

ولقد جاءت المعلومات عن الأجسام الفضائية التي تصدر موجات راديوية، أثناء الحرب العالمية الثانية (1939-1945)، وكان من الغريب أن ينمو علم جديد في مواطن الدمار الشامل. فقد تقدم علماء الفلك الراديوي تقدما كبيرا في أثناء الحرب، عندما صبوا كل طاقاتهم-تحت ضغط الصراع المحتدم-في صنع أجهزة استماع للفضاء، أصبحت فيما بعد أجهزة رصد راديوية متقنة. وما أن انتهت الحرب، حتى وجدت الدول أن بين يديها

فيضا من المعدات الراديوية القيمة، فأعطت البعض منها لعلماء الفلك في الجامعات، وهكذا بدأ أول استخدام لأجهزة الاستقبال والهوائيات في ارتياد الفضاء الراديوي. حقا لقد كانت الخطوات الأولى تتسم بالشك والحذر، كما كان برنامج الاستكشاف يكتنفه الغموض، ولكنهم تعثروا أخيرا بعتبة الكون الراديوي، فرأوا أجساما فضائية تصدر موجات راديوية، ظلت مجهولة في الفضاء خفية عن العيون، آلاف السنين.

وقد تم العثور على ما يربو على ألف نجم راديوي، حددت مواقعها على خريطة النجوم. ولم يقم الفلكيون بالربط بين أفرادها وترتيبها في مجموعات بالفضاء، بل آثروا أن يحافظوا على التسميات القديمة التاريخية. فأقوى النجوم الراديوية في مجموعة الدجاجة Cygnus أطلقوا عليها اسم الدجاجة أ Cygnus A، والتي تليها في قوة النبض يسمونها الدجاجة ب.. وهكذا.

ولو كانت لنا عيون راديوية، لكانت اشد النجوم لمعانا في السماء هي ذات الكرسي أ Cassiopeia A، إلا أننا بعيوننا البصرية لا نرى شيئا، فالفلكيون في السابق لم يولوا هذه البقعة المظلمة من الفضاء أي اهتمام، وكانوا يصورونها بالمسح المادي بالتلسكوب البصري دون أن يمعنوا النظر فيها أبدا. لقد كانوا-خلال فترة طويلة من الزمن-واثقين من عدم وجود أي جسم فضائي هناك، ولولا الإشارات الراديوية لظل هذا النجم غائبا عن الأبصار.

## عندما تتصادم المجرات

إن احتمال وقوع صدام بين مجرتين أمر نادر للغاية، ولا نعرف إلا القليل جدا عن هذا الحدث، وإذا ما اصطدمت مجرتان فلن تتأثر نجومهما. فالمسافات هائلة بين النجوم إذا ما قيست بأقطارها، ويمكن اعتبار المجرة كإطار الصورة الفارغ تتناثر داخله النجوم متفرقة، وقليلة جدا هي النجوم التي تتصادم أثناء اصطدام المجرتين، فالغالبية من النجوم تسلك دروبها دون أن يعكر صفوها شيء، وهكذا تمر المجرتان إحداهما تقطع مسار الأخرى، وتخرج كل منهما سليمة دون أي تدمير لمكوناتها من النجوم.

ومن الغبار الكوني المنتشر بين النجوم، ليس له هذا القدر من حسن الحظ، فالذرات في الغيوم الغبارية أوسع انتشارا مما هي عليه في النجوم، والتصادم بين الذرات أمر لا مفر من حدوثه. وعندما تندفع هذه الغازات

بسرعة مئات الكيلومترات في الثانية، تتولد حرارة هائلة، فتتأين الذرات (أي تشحن كهربيا) ومن تهيج هذه الجسيمات المشحونة كهربيا، تتولد إشارات راديوية قوية، وهذه الإشارات الراديويه أقوى من ضوء النجوم بعدة ملايين من المرات، فيلاحظ الفلكي الراديوي هذا الجسم الذي يصدرها بسهولة، بينما يكون غير مرئي بواسطة التلسكوبات البصرية. وتعتبر المجرة التي تحتوي على النجم الراديوي الدجاجة أ، أطيب مثال على نتيجة تصادم مجرتين، وقد أخذت لها صورة للطيف فوجد فيها تلك الإزاحة المعتادة نحو اللون الأحمر. وعندما حسب علماء الفلك سرعة التباعد وجدوها حوالي 10 آلاف كيلو متر في الثانية، أي أن مكان هذا التصادم يبعد 200 مليون سنة ضوئية (إذا كانت سرعة التباعد 50 كيلو متر في الثانية يكون البعد مليون سنة ضوئية)، وقد تم قياس البعد بافتراض أن المجرتين من حجم متوسط وأن لهما لمعانا فوق المتوسط.

وقد صادف علماء الفلك الكثير من المتاعب، عند محاولة رصد هذا التصادم في الكون، وقد كان جزء من هذه المتاعب يرجع إلى الخلاف في تعيين الموقع المحدد للنجم الراديوي القوي الدجاجة أ، وقد قال علماء الفلك الراديوي في إنجلترا، بأنه يقع في وسط المثلث الناشئ عن النجوم الثلاثة جاما Gamma ودلتا Delta وايتا Eta. أما علماء الفلك الراديوي في استراليا، فقد قالوا بأنه منزاح قليلا عن هذا الموضع، وقد اخذ كل فريق منهم يراجع قياساته مرة بعد أخرى، إلى أن اتفقوا على موضع محدد تقريبا. ولكي يمكن تحديد المكان بدقة تامة، وجه علماء الفلك في مرصد بلومار تلسكوبهم البصري إلى الموضع المتفق عليه وقاموا بتصويره، وكانت دائرة الخلاف بين علماء الفلك في إنجلترا واستراليا، والتي يقرب قطرها من نقطة صغيرة، ملأى بما يقرب من مائة من النجوم الخافتة. ولم يكن في الأمر أية مفاجأة للفلكيين، فهم يتوقعون أن يروا أجساما فضائية عديدة في مساحة النقطة الواحدة حيثما وجهوا تلسكوباتهم. ولكن أن يكون هذا الموضع بالذات غنيا بالعديد من مصادر الموجات الراديوية، فهذه هي المشكلة. فكيف يتسنى للفلكي أن يعين مصدرا معينا بالتحديد في وسط هذا الخضم من المصادر الراديوية؟

لا بد أن في الأمر شيئا لا عهد للفلكيين به من قبل، شيئا لا وجود له في

أية بقعة أخرى من أرجاء الفضاء إلا فيما ندر. غير أن بقعة من الضوء غير منتظمة الشكل، كانت ظاهرة بالقرب من منتصف الصورة، تبدو معالمها وكأنها فراشة ذات أجنحة مستديرة، إنها النجم الراديوي القوي الدجاجة أ. وباستخدام الفلك الراديوي، أمكن معرفة أن هناك مجرتين ضخمتين بنجومهما (ومن بينهم الدجاجة أ) وغازاتهما الكونية في حالة تصادم جبار.

## الإذاعة الكونية

هنا يتبادر إلى أذهاننا سؤال: ما هو سبب انبعاث الموجات الراديوية؟ يتجمع الغاز والغبار الكوني، في مجرتنا، بكثرة في سحب توجد عموما على طول مستوى المجرة، في شكل حزام عرضه 100 سنة ضوئية، ويرتبط بعلاقات مع الأذرع الحلزونية (اللولبية) لمجرتنا. وتنتظم هذه السحب في هيئات مختلفة وعديدة، فبعضها يجتمع في أشكال كروية صغيرة نسبيا، يبلغ قطر كل منها جزءا من مائة من السنة الضوئية. بينما تأخذ في حالات أخرى أشكالا غير منتظمة، يبلغ طولها عدة مئات من البارسك Parsec (البارسك وحدة فلكية = 3,2 سنة ضوئية).

ومعظم غاز ما بين النجوم عبارة عن هيدروجين (أبسط الذرات: إلكترون واحد + بروتون واحد) وربما كان ابسط مادة في الكون كله. وحيث أن هذا الغاز يمتص نسبة كبيرة من الضوء الصادر من النجوم، فكثيرا ما تعمل عملية الامتصاص على فصل الإلكترونات والبروتونات بعضها عن بعض، أي تحدث عملية التأين في الغاز Ionized Gas، وبعد حدوث التأين تصبح الإلكترونات والبروتونات حرة في التجوال على انفراد، وأثناء تجوال هذه الجسيمات كثيرا ما تتصادم بعضها ببعض، مما يؤدي أحيانا إلى اتحادها مرة أخرى داخل مجالات مغناطيسية هائلة. وقد ينطلق من هذه العملية ضوء مرئي خافت، وفي الواقع أن الضوء الصادر من مثل هذا الاتحاد بين البروتون والإلكترون، هو الذي يمكننا من رؤية سحب الهيدروجين شديدة الحرارة.

ولكن في الغالبية العظمى لا يتم هذا الاتحاد، وعند ذلك لا يكون الإشعاع الصادر مقصورا على مدى معين من أطوال الموجات بل تصدر أيضا الأشعة فوق البنفسجي والأشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية. ولم يكتشف

إصدار مناطق الهيدروجين الحارة للموجات الراديوية إلا منذ حوالي عشر سنوات فقط، فقد تم التعرف على إصدار عام على طول مستوى حزام مجرتنا ويعرف علماء الفلك الراديوي-على وجه التأكيد-إن بعض الموجات الإذاعية يأتي من الغاز، فذرة الهيدروجين تعطي إشارات ضعيفة جدا حين يغير البروتون في النواة من دورته حول نفسه، وتنبعث هذه الإشارات على طول موجي محدد هو 21 سنتيمتر.

وإذا كانت سحابة الهيدروجين تتحرك نحونا، كانت الموجة عندئذ أقل من 21 سنتيمتر بقليل، أما إذا كانت تبتعد عنا كانت أطول من ذلك الرقم بقليل، وعلى ذلك فمن قياس طول الموجة الصحيح نقيس سرعة الغاز، وهكذا يستطيع الفلكي الراديوي، أن يعرف الموضع الصحيح لسحابة الهيدروجين في مجرتنا، ولن يقف الغبار أو أي حاجز آخر عائقا في سبيل قياساته، لان الموجات الراديوية تخترقها كلها.

ويبذل علماء الفلك الراديوي جهودا كبيرة في البحث عن أنسب القنوات اللاسلكية، التي من المحتمل أن تستخدمها كائنات ذكية من كوكب آخر (إن وجدت)، في محاولة الاتصال بسكان الكرة الأرضية.

ويرجح العلماء أن موجة ذرة الهيدروجين (التي يبلغ طولها 21 سنتيمتر)، ربما تكون هي المفضلة لدى تلك «الكائنات» لبث رسائلها الكونية. وأطلقوا على هذه الرسائل التي قد تستخدم هذه الموجة (الإذاعة الكونية رقم 1)، وقد صممت معظم التلسكوبات الراديوية الأرضية، لتسلم برامج هذه الإذاعة في حالة وجودها.

أما سبب اختيار الكائنات الأخرى لهذه الموجة بالذات، فربما كان بسبب أن ذرة الهيدروجين هي أبسط ذرات الكون، وأكثرها انتشارا في كل أنحاء الفضاء.

وقد كانت دراسة سحب الهيدروجين في مجرتنا، وليدة جهود مشتركة قام بها فلكيون راديوويون في أنحاء متفرقة من العالم، وهم في الوقت الحاضر يجمعون صورة كاملة لمجرتنا.. قطعة قطعة. ولقد اتضح لهم أن غاز الهيدروجين ينتشر في منعطفات الأذرع اللولبية التي توجد فيها النجوم، وقد تم تتبع ما يقرب من اثني عشر ذراعا لولبيا، بالرغم أن رصد مجرتنا من داخلها يبدو أمرا شديد الصعوبة، فعلينا أن نرى تفاصيل أوفى ونجري

بحوثا اكثر، قبل أن نصبح على يقين.

وعندما تتأين ذرة الهيدروجين، فإنها لا ترسل موجة واحدة فقط طولها 21 سنتيمتر، ولكنها ترسل طيفا مستمرا، وفي استطاعة الفلكيين الراديوويين- من مقارنة هذا الطيف المتواصل-بالخطوط الهيدروجينية، أن يتتبعوا أثر سحب الهيدروجين المتأين بالإضافة إلى غيوم ذرات الهيدروجين.

ولقد اتضح أن مجرتنا تسلك سلوك الدوامة العملاقة، فتسحب الهيدروجين إلى الداخل شطر المركز ثم تقذف به ليدور صوب الأذرع اللولبية. والنواة الموجودة في مركز الدوامة تكاد تكون خالية من الغاز، ولكن في وسط المركز تقريبا يوجد نجم أو نجمان راديوويان براقان، تحيط بهما هالة رقيقة من البروتونات. غير أن الفضاء الذي يحيط بهما يبدو خاليا تماما كعين الإعصار. أن المجرة شيء ديناميكي مثل غيمة حية، والنجوم تولد في الأذرع اللولبية وتسير في طريق التطور ثم تشيخ وتموت، وتتحول إلى أقزام بيضاء أو نجوم نيوترونية أو ثقوب سوداء، حسب كتلتها. وإذ تموت النجوم ينسحب مدد جديد من غاز الهيدروجين من الفضاء المجاور، ويستعمل مادة خاما لجيل جديد من النجوم، وتستمر حياتها في دورتها داخل مجرتنا، من الميلاد حتى الموت.

ويوجه علماء الراديوي اهتمامهم-في الوقت الحاضر-إلى نوع مختلف من انبعاث الموجات الراديوية، وهو ذلك النوع المنبعث من سديم السرطان Crab Nebula في برج الثور Taurus، وهذا المصدر أقوى بكثير من سحب الهيدروجين الحارة في إصدار الموجات الراديوية. وقد اتضح من الأبحاث الدقيقة، وباستخدام أقوى التلسكوبات الراديوية، أن الموجات الصادرة من سديم السرطان أقوى بنحو مائة مرة من أي انبعاث يمكن تعليله على أساس تصادم الإلكترونات والبروتونات الحرة الهائمة، ومع ذلك فان سديم السرطان ليس بأي حال أقوى المصادر الراديوية التي رصدت حتى الوقت الحاضر، إذ أن المصدر بالغ الشدة والذي يقع في كوكبة ذات الكرسي Cassiopeia، يصدر موجات راديوية بمعدل يزيد نحو مليون مرة عن معدل الإشعاع الذي يتوقع العلماء صدوره من مصدر هيدروجيني حار. ويبدو هذا المصدر على هيئة عدد كبير من السحب الصغيرة، وهي تتحرك بشكل غريب للغاية. فقد وجد علماء الفلك الراديوي أن الأجزاء المحددة الواضحة،

تقترب منا بسرعة تصل إلى نحو 300 كيلو متر في الثانية، أما السحب المهتزة فإنها تتحرك بسرعة تزيد عن ذلك كثيرا، وهي أحيانا تقترب منا وأحيانا تبتعد عنا، ويتراوح التغير من أعلى معدل لسرعة الاقتراب إلى أقصى سرعة للابتعاد، بعدة آلاف من الكيلومترات في الثانية.

ولا يوجد حتى الوقت الحاضر، رأي مقنع عن منشأ هذا المصدر العجيب. وقد ترشدنا إلى مفتاح الحل، تلك المعلومات التي جمعت عن الموجات الراديوية الصادرة من هذه المنطقة، وأحدث تعليل يفسر كيفية وجود هذه الكوكبة الغريبة، هو أنها كانت مسرحا لانفجار سوبرنوفا (انفجار نجمي)، ومن ثم فانه قد نتج عنه كمية كبيرة من المادة المتحركة، بسرعة تبلغ عدة آلاف من الكيلو مترات في الثانية الواحدة.

وهذه المادة المقذوفة قد تكون في حالة صدام بسحابة معتمة من الغاز والغبار الكوني، وأن مادة السوبرنوفا تقع في الناحية البعيدة عنا من السحابة الهائلة، حيث لا نستطيع رؤيتها بسبب حجب الغبار لها عنا، ما عدا تلك المناطق التي تنسكب فيها حول حافة السحابة المعتمة. وفي الكون العديد من المجرات الغريبة الغامضة التي يقوم بدراستها علماء الفلك الراديوي، محاولين البحث في العالم المجهول خلف حدود الأرصاد البصرية. ومعظم هذه المجرات يصدر نبضات راديوية قوية، تجعل رصدها بالتلسكوب الراديوي أيسر كثيرا من رصدها بالتلسكوب البصري. ويحدد علماء الفلك الراديوي اتجاه المصادر بطريقة تقريبية، ثم يتركون لمنظار بالومار-الذي يبلغ قطره 200 بوصة أي حوالي خمسة أمتار-مهمة رصد مسرح الأحداث الفضائي والتقاط الصور المناسبة، وبهذه الطريقة أمكن لعلماء الفلك بمرصد بالومار، من رصد مجرات على حدود مدى الرؤية، ابعد كثيرا من ألوف المجرات الخافتة التي تزحم مجال الرؤية في تلك الأعماق السحيقة من الفضاء.

ولكن ما الذي يستخدمه علماء الفلك الراديوي في أبحاثهم؟

## الاستماع إلى النجوم

لقد أضاف علماء الفلك الراديوي معلومات هائلة عن النجوم، وذلك باستخدام أجهزة لاسلكية شديدة الحساسية، هي الراديوية Radio Telescopes. والمناظير الراديوية تعطي صورة عن الكون تختلف تماما عن

تلك التي تنقلها المناظير البصرية، فان (ألمع) نجم في السماء بالنسبة لها ليس نجم الشعري اليمانية Sirius، بل نجم آخر يحدث ضوضاء قوية غير عادية ويكاد يكون غير مرئي، أنه نجم الدجاجة أ. إن الموجات الراديوية تجعلنا نطل على عالم غريب هائل، تبلغ أعماقه ملايين السنوات الضوئية، فهناك أجسام فضائية على أبعاد خيالية، لا تتمكن المناظير البصرية من رؤيتها إطلاقا، ومن ثم ترصد بالمناظير الراديوية.

## ولكن مم يتكون المنظار الراديوي؟

لقد قام علماء الفلك الراديوي-من اجل التقاط الأصوات الخافتة المنبعثة من النجوم والغبار الكوني-ببذل مجهودات شاقة لتحسين أجهزتهم. والهوائي هو دائما أكبر واهم جزء في المنظار الراديوي، ووظيفته تجميع الموجات الراديوية في بؤرة، وهناك نوعان من الهوائيات أحدهما على شكل طبق كبير والثاني هو الهوائي ذو القطب المزدوج. والنوع الأول عبارة عن مرآة معدنية دائرية قليلة العمق، تجمع الطاقة الراديوية وتركزها على هوائي آخر صغير عند نقطة البؤرة، ثم تنقل الموجات الراديوية من خلال أسلاك إلى المختبر. وهنا يجري تكبير النبضات في جهاز الاستقبال عدة ملايين من المرات، وعن طريق جهاز كومبيوتر يزال التشويش، ثم تنقل بعد ذلك إلى جهاز تسجيل لتدوين الإشارات على مخطط بياني، ومن ثم تكون جاهزة ليدرسها علماء الفلك الراديوي.

وان أحدث واغرب ما اكتشفه علم الفلك الراديوي، هو ما يطلق عليه اسم أشباه النجوم أو الكوازرات Quasars.

## لغز.. على حافة الكون

منذ أوائل عام 1961 كان علماء الفلك الراديوي قد عينوا أماكن خمسة مواقع في الفضاء، تصدر منها موجات راديوية قوية، ووجدت التلسكوبات البصرية في هذه المواقع نجوما خافتة الضوء جدا، فاعتبرتها من نجوم مجرتنا. ولكن اتضح فيما بعد أنها تسلك سلوكا غريبا، فهي تتحرك بعيدا عنا بسرعات هائلة تصل إلى جزء كبير من سرعة الضوء، كما أنها ألمع بكثير وأشد طاقة مما يمكن تصوره لجسم صغير وبعيد مثلها، وهذا يدل

على منبع طاقة أقوى من أي شيء يمكن أن يتخيله علماء الفلك.

أخذ علماء الفلك الراديوي يولون هذه الأجرام الفضائية المزيد من الدراسة والعناية، لما تتميز به من غرابة وغموض. ولما كان من المستبعد على نجوم صغيرة داخل مجرتنا أن تطلق هذه الموجات الراديوية القوية، فقد أطلقوا عليها اسم أشباه النجوم الراديوية Quasi-Stellar Radio Sources واختصارا، الكوازرات Quasars

ومنذ عام 1961 وحتى الوقت الحاضر، تم اكتشاف بضعة آلاف من الكوزرات يوجد أبعدها على مسافة 10 بليون سنة ضوئية منا، إذا كانت تلك هي مسافته الحقيقة فانه يكون ابعد جسم عنا في الكون، وهكذا تمثل هذه الأجسام الفضائية الغامضة، على حافة الكون، أحد الغاز السماء المحيرة.

وتحمل الكوزرات حاليا، أسماء يبدأ معظمها بالرمز 3C أي 3ك، وهو اختصار لمصنف كامبردج الثالث للمنابع الراديوية، وقد كان أول من نال قسطا غير قليل من البحث والاهتمام شبه النجم الراديوي، الكوازر رقم 3 ك-48 من مجموعة المثلث Triangulum، فقد انزاح طيفه كله نحو اللون الأحمر، بحيث وقعت جميع ألوانه في منطقة ما تحت الأحمر، والإزاحة إلى هذه الدرجة غير معروفة حتى في أبعد المجرات التي اكتشفها مرصد بالومار اكبر تلسكوب بصري في العالم.

وكانت هذه الإزاحة في طيف شبه النجم رقم 3 ك-48، تدل على سرعة تباعد تبلغ 110 ألف كيلو متر في الثانية، أي أن البعد الذي يفصل ما بيننا وبينه يبلغ حوالي أربعة بلايين من السنين الضوئية.

ولقد كان لهذا الاكتشاف نتائجه الخطيرة، فهذه الأجسام التي تبدو كنجوم صغيرة في مجرتنا، كانت تبعث الحيرة في عقول الفلكيين الراديوويين لقوة النبضات الراديوية الصادرة عنها. وكانوا يفترضون أنها لا تبعد أكثر من بضع مئات من السنين الضوئية، فكيف الآن وقد وجدوا أنها تبعد عنا بلايين السنوات الضوئية؟ وتساءل بعد هذا علماء الفلك الراديوي، عن نوع الطاقة التي تتمكن من إصدار مثل هذه الموجات الراديوية شديدة القوة، بحيث تسير في الفضاء بلايين السنوات الضوئية وهي لا تزال تحتفظ بقوتها.

ولقد قدر علماء الفلك أن قوة الإضاءة الحقيقية لشبه النجم (الكوازر)

رقم 3 ك-48 تبلغ حوالي تريليون (مليون مليون) شمس، مثل تلك التي تدور حولها أرضنا، كما قدروا أن الطاقة الحقيقية أكبر من ذلك قليلا، ومعنى ذلك أن الإضاءة التي تصدر عن شبه النجم هذا تساوي قوة الإضاءة التي تصدر عن عشرين أو ثلاثين مجرة من المجرات شديدة اللمعان.

وكان السؤال الأساسي الذي حير علماء الفلك الراديوي هو: أي نوع من الطاقة يعمل في داخل شبه النجم (الكوازر)؟.

أن التفاعل النووي الذي يحدث في الشمس أو في النجوم الأخرى، لا يكفي لتفسير الطاقة الهائلة التي تصدر من أشباه النجوم. فقد دلت الحسابات الفلكية أن المجموعة المحلية من المجرات Local Galaxies (أي مجرتنا بالإضافة إلى أقرب 17 مجرة منا)، لو استنفدت طاقتها كاملة في تفاعل نووي، فلن تستطيع أن ترسل بإشارات راديوية بهذه القوة، ولا بضوء كهذا الضوء إلى مسافات سحيقة تبتعد ببلايين السنوات الضوئية، كما تفعل أشباه النجوم الراديوية. ومن ثم فالتفاعل النووي ليس هو المصدر الذي يمد أشباه النجوم بالطاقة، وهكذا يزداد الأمر غموضا أمام علماء الفلك الراديوي. ويرى بعض علماء الفلك أن طاقة السوبرنوفا (النجوم المتفجرة)، ربما تكون هي المصدر الذي تستمد منها أشباه النجوم طاقتها. ولكن يجب أن نحتاج إلى مائة مليون انفجار سوبرنوفا لكي يمكن تعليل تلك الطاقة الجبارة التي تصدر عن أشباه النجوم.

وجاء العالم الفلكي الشهير فرد هويل Fred Hoyle في عام 1963، برأي يقول فيه أن سبب هذه الطاقة الهائلة هو ضغط الجاذبية. وفكرة توليد طاقة من ضغط الجاذبية، جاء بها العالم الفيزيائي الألماني هلمهولتز في عام 1854، وحاول بها أن يفسر سر الطاقة الشمسية على هذا الأساس، فقال بأنها نتيجة القوة الناشئة عن ضغط مادة الشمس على بعضها البعض. وفي القرن التاسع عشر، لم يلاق تفسير هلمهولتز هذا، قبولا لدى علماء الفيزياء لأنه اتضح بالحسابات الفلكية، أن الشمس لو كانت تصدر طاقتها على هذا النمط لما عاشت أكثر من خمسة عشر مليون سنة.

لكننا نعرف أن الشمس موجودة منذ خمسة بلايين سنة. وهكذا ظل مصدر الطاقة الشمسية مجهولا حتى جاء العالم بيث Bethe، في الربع الثاني من القرن العشرين بالتفسير الذي لاقى قبولا من معظم العلماء،

وهو القائل بأن مصدر الطاقة في الشمس قائم على سلسة من التفاعلات النووية. وهكذا نجد أن العالم فرد هويل يعود بنا القهقرى إلى نظرية هلمهولتز في القرن التاسع عشر، فيقول بأن وجود جسم تبلغ كتلته مليون ضعف من كتلة الشمس، يستطيع أن يولد طاقة مثل تلك التي تصلنا من أشباه النجوم وهي على حافة الكون.

فهذا الجسم الهائل العملاق في ضخامته، سوف يكون ضغط أجزائه على بعضها مريعا، بحيث ينفجر إلى الداخل ويولد طاقة أقوى من التفاعلات النووية. وقد يكون تعبير (الانفجار إلى الداخل) غير معهود حتى الآن، بل قد لا يمكن تخيله، ولكن ماذا يمكن القول عن هذا الجسم الهائل الذي تتضغط أجزاؤه على بعضها، فتسحقها بعنف وتردها إلى ناحية المركز؟. ويفترض هويل أن شبه النجم (الكوازر) ليس مجرة كما يقول بعض العلماء، بل هو نجم غريب يحيط نفسه بشذوذ لا نعرف له مثيلا بين النجوم، وحسب المعلومات التي تصلنا منه عن طريق المناظير الراديوية، يتضح أن قطر الكوازر يبلغ حوالي عشر سنين ضوئية، أي أن الضوء بسرعته الهائلة يحتاج إلى عشر سنوات لكي يقطعه من شماله إلى جنوبه، أو من شرقه إلى غربه، قد تزيد أو تنقص إذا كان الكوازر غير منتظم الشكل، كما يقول بعض علماء الفلك. وسيكون مقدار الضغط فوق شبه النجم هائلا، بسبب الجاذبية المروعة، بحيث لو وجدت الكرة الأرضية في مكانه لتقلصت في حجم كرة صغيرة، قطرها عدة سنتيمترات. ويوجه لرأي هويل اعتراضان رئيسيان:

- الاعتراض الأول، هو ما اتفق عليه معظم علماء الفلك عن ميلاد النجوم وتطورها، حيث يدور الغاز الكوني إذا تجمع، ومع تأثير المجالات المغناطيسية في الفضاء، تتكون النجوم والمجرات. وهناك حجوم معينة لا تتعداها النجوم في المراحل المتقدمة من حياتها، إذن فكيف السبيل إلى وجود جسم كبير-بالمقياس الفلكي-من الحجم المنتظر في أشباه النجوم؟ وكيف تتجمع هذه الأجسام الفضائية الهائلة دون أن تتعرض للدوران وفقد المادة، بسبب التفاعلات الحرارية والنووية داخلها؟ وكيف نجحت أشباه النجوم من التحطيم؟.

- أما الاعتراض الثاني، فيأتي من النظرية النسبية العامة. فألبرت

أينشتين يرى أن الضوء مادة مكونة من كمات تسمى فوتونات، وهي تخضع للجاذبية كما تخضع جميع المواد الأخرى، ونحن نعلم من علم إطلاق الصواريخ أن هناك قوة اسمها (سرعة الإفلات) Escape Velocity، فالجاذبية في أي جرم فضائي تشد كل المواد الموجودة على سطح ذلك الجرم، ولكي يمكن إطلاق صاروخ أو قمر صناعي من فوق كوكب الأرض، يجب أن يدفع بسرعة معينة هي 2 ,7 كيلو متر في الثانية، حتى يمكن أن ينطلق في الفضاء ويفلت من جاذبية الأرض، ويتخذ له مدارا. وقد تبين من الدراسات الفلكية أن سرعة الإفلات من القمر أقل من 2 ,7 كيلو متر في الثانية، ذلك أن القمر اصغر كتلة وجاذبية من كوكب الأرض، أما بالنسبة للشمس فستكون سرعة الإفلات اكثر من ذلك بكثير، لان سرعة الإفلات تعتمد على كتلة الجسم-الذي ينطلق منه الشيء إلى الفضاء-وتتناسب معه طرديا. ولكن أشباه النجوم-حيث تبلغ كتلتها ملايين المرات من كتلة الشمس-ستكون سرعة الإفلات منها أكثر من سرعة الضوء.

وما دام الضوء مادة-كما تقول النظرية النسبية-فلن يفلت من أشباه النجوم، ومن ثم ستبدو أجساما مظلمة رغم ارتفاع درجة حرارتها بدرجة هائلة، وبرغم ارتفاع الطاقة إلى حد يفوق كل تخيل، فان أشباه النجوم إذن ستبدو قطعة من الظلام في الفضاء المعتم. ولكن ليس هذا ما هو حادث في الواقع. ويرد البروفسور هويل على هذا الاعتراض، بقوله أن النظرية النسبية العامة يمكن تطبيقها على أشباه النجوم، فيما لو كانت أجساما كاملة الاستدارة منتظمة الشكل. بيد أن الضغط الهائل والانفجار الرهيب إلى الداخل نحو المركز، تجعل شكلها غير منتظم ومن ثم تبدو الاستدارة في هذه الأجسام الفضائية مستحيلة. وهكذا تبرز بعض المواد منها إلى الأطراف، ومن هذه النتوءات يفلت الضوء، وهكذا تتمكن أشباه النجوم من الاستمرار في إرسال الطاقة لمدة بلايين من السنين.

وهنا يبدو أن البروفسور هويل يزيد الأمر غرابة بدلا من أن يعطي تفسيرا معقولا.. فإذا كان الضوء والطاقة التي تصلنا من أشباه النجوم عبر هذه المسافات السحيقة-بلايين السنوات الضوئية-هو القدر البسيط الذي استطاع أن يفلت من جوانب هذا الجسم الفضائي الغريب، فماذا إذن سيكون عليه الحال فيما لو وصلنا ضوء الجسم كله؟. ولا يقف الأمر عند

هذا الحد، فقد وجد هويل شيئا يدعو إلى الغرابة اكثر من ذلك، وكأن الغرابة التي مرت بنا حتى الآن لم تكن كافية.

يقول هويل أن الضغط الناتج من الجاذبية الذاتية داخل أشباه النجوم سوف يسحق التركيب الذري، بحيث تندمج الإلكترونات في الانوية. وإذا لم يكن هناك دوران كاف في الجرم الفضائي فان التقلص يستمر ويصبح مجال الجاذبية أشد. وقبل أن يصل الجسم إلى الحالة التي يكون فيها ثقبا اسود-كلما سيتضح في الباب الثالث-يكون في استطاعة الأشعة الضوئية أن تفلت منه، ولكنها في هذه الحالة تفلت من مجال جاذبية هائل، ومن ثم تخرج منهكة فاقدة لمعظم طاقتها، فتكون حمراء اللون ذات موجة أطول. وبناء على ذلك يجب أن تجرى تعديلات على قراءة التحليل الطيفي، فليس معنى إزاحة الطيف إلى جهة اللون الأحمر، أن الجسم الفضائي يبتعد عنا وحسب، وإنما يجب أن ندخل عامل الإجهاد الذي خرج به الضوء من شبه النجم.

وعلى هذا الأساس هذا الرأي الأخير، يجب أن تكون أشباه النجوم اقرب وأصغر حجما مما ذكرنا سابقا. بكم اقرب وأصغر؟ لا أحد يدري. أن هويل يشككنا في صحة الأرقام الواردة عن أشباه النجوم، حول بعدها وحجمها وإضاءتها، انه يلقي بنا في بحر لا قرار له من الحيرة. وعلماء الفلك ما يزالون مجدون في البحث والتنقيب، ومنكبون-في الوقت الحاضر- على المناظر الراديوية، لمحاولة الكشف عن أسرار أشباه النجوم.. ذلك اللغز الذي يقع عند حافة الكون.

## علامة تعجب.. في أعماق الفضاء

عندما سلطت التلسكوبات على أشباه النجوم لسبر غورها، وتم تصوير الكثير منها، كان أوضحها تلك التي التقطت لشبه النجم في مجموعة العذراء Virgo، وقد يكون قرب الجرم الفضائي النسبي منا هو السبب في هذا الوضوح. ولقد كشفت الصور التي التقطها الدكتور مارتن شميدت Martin Schmidt من تلسكوب بالومار، عن أمر غريب آخر. لقد كان هناك شبه نجم هائل (3 ك-273) 3C 273- وهو موضح في (شكل-23)-يتألق في وسط السماء، وعلى مقربة منه جسم فضائي آخر مستطيل الشكل أصغر

منه ويبدو كذنب له. ووجود هذين الجسمين قرب بعضهما بعضا، يضع علامة تعجب تبقى معلقة في أعماق الفضاء.

وقد اتضح للدكتور شميدت أن طول ذنب شبه النجم هذا يبلغ حوالي مائة ألف سنة ضوئية (أي مثل طول قطر مجرتنا كلها)، ومن المرجح أن هذا الذنب الذي يصاحب شبه النجم قد نتج عن انفجار جبار إلى الداخل، قذف به إلى هذا البعد. وهو أيضا يرسل أمواجا راديوية بالإضافة إلى الموجات التي يصدرها شبه النجم الأصلي، وإذا أدركنا أن هذا الذنب هو بحجم مجرتنا، وإذا عرفنا انه مجرد نفثة من نفثات الجسم الأصلي، اصبح في استطاعتنا أن نتخيل حجم شبه النجم.

## نقيض المادة

خرج بعض علماء الفلك بنظرية تقول بأن الطاقة في أشباه النجوم، هي نتيجة تصادم بين المادة ونقيض المادة Anti-Matter. فما هو نقيض المادة؟

من المعروف أن الإلكترونات عليها شحنة سالبة، بينما البروتونات لها شحنة موجبة. وفي نقيض المادة نجد أن الوضع يختلف تماما، أي أن الإلكترونات موجبة والبروتونات سالبة الشحنة، وفي هذه الحالة يسمى الإلكترون موجب الشحنة (البوزيترون Positron).

وعندما تتقابل ذرة من المادة مع ذرة من نقيض المادة، فانهما يتفاعلان معا فيحطمان بعضهما وتتحول كل كتلتيهما إلى طاقة هائلة تنطلق في الكون على هيئة موجات من أشعة جاما. والذرة النقيضة لا تختلف عن الذرة العادية في صفاتها الطبيعية أو الكيمائية، بل هي إلى صورة معكوسة وكأنها صورة مرآة للذرة العادية.

من (الشكل-24) يتضح أن الإلكترون (إلى أعلى)، كما يظهر في عالمنا يحمل شحنة كهربية سالبة (-) ويدور على محوره داخل الذرة من اليسار إلى اليمين. أما نقيضه أو البوزيترون (إلى أسفل)، فيحمل شحنة موجبة ويدور على محوره بطريقة عكسية أي من اليمين إلى اليسار. أما الخطوة القصيرة فتمثل لنا عالما ذا طاقة سالبة. إن البروتون والنيوترون والإلكترون بمثابة أحجار الأساس في بناء كل الذرات، والذرات بدورها هي أساس بناء الجزيئات، ومن الذرات والجزيئات تنشأ المادة التي تدخل في تكوين كل

شيء في الكون.

وبنفس هذا الأساس يمكن أن تتكون المادة النقيضة، بكل ذراتها وجزيئاتها وصورها وأنواعها، ولكن لا يمكن التمييز بين المادة العادية والمادة النقيضة إلا إذا تقابلا، فتحدث الكارثة وتنتج طاقة جبارة في شكل أشعة جاما. فكل ما حولنا في الكون ويتخذ صور المادة، هو في الأصل تجسيد لطاقات قوية وإشعاعات نفاذة. فلو فرضنا أن كيلو جرام من مادة ما، قد اصطدم بكيلو جرام من مادة نقيضة من نفس النوع والشكل وكافة الخصائص، ما عدا شحنات الإلكترون والبروتون، عندئذ تختفي المادة وكل ما حولها حتى لو كانت مدينة كبيرة بها ملايين السكان. لقد تحولت المادة ونقيضها من حالتها المادية المعروفة، إلى طاقات وإشعاعات جبارة تهلك كل ما حولها. ولتفسير ما يحدث، دعنا نطبق المعادلة الشهيرة لاينشتين: (الطاقة = الكتلة بالجرامات X مربع سرعة الضوء بالسنتيمتر في الثانية) وكيلو جرام من المادة المادية وكيلو جرام من المادة النقيضة يساويان كيلو جرامين أي ألفي جرام-ويكتبان $(2 \times 10^3)$ أي رقم 2 وأمامه ثلاثة أصفار-وسرعة الضوء بالسنتيمتر في الثانية تساوي $(3 \times 10^{10})$سنتيمتر:

(إذن فالطاقة حسب معادلة اينشتين =

$(2 \times 10^3) \times (3 \times 10^{10}) \times (3 \times 10^{10}) = 18 \times 10^3$ ارج) والأرج Erg(*) وحدة من وحدات الطاقة المتفوق عليها بين العلماء، وعلينا أن نحول هذه الطاقة الناتجة عن تصادم كيلوجرام من المادة العادية والمادة النقيضة، إلى معايير يمكن أن تبين أن لنا معنى الكميات الهائلة التي تتحرر عندما تفني المادة. أن هذه الطاقة تساوي الطاقة التدميرية لحوالي 2200 قنبلة نووية (ذرية) ! وبسبب تلك الطاقة الهائلة التي تصدر من أشباه النجوم (الكوازرات)، فقد قال علماء الفلك بأنها ناتجة عن ضغط دم بين المادة ونقيضها، داخل هذه الأجسام الفضائية، فهل هذا هو التفسير الصحيح؟. إن أشباه النجوم ما زالت حتى الوقت الحاضر، تمثل لغزا يربض بعيدا عند حافة الكون.

---

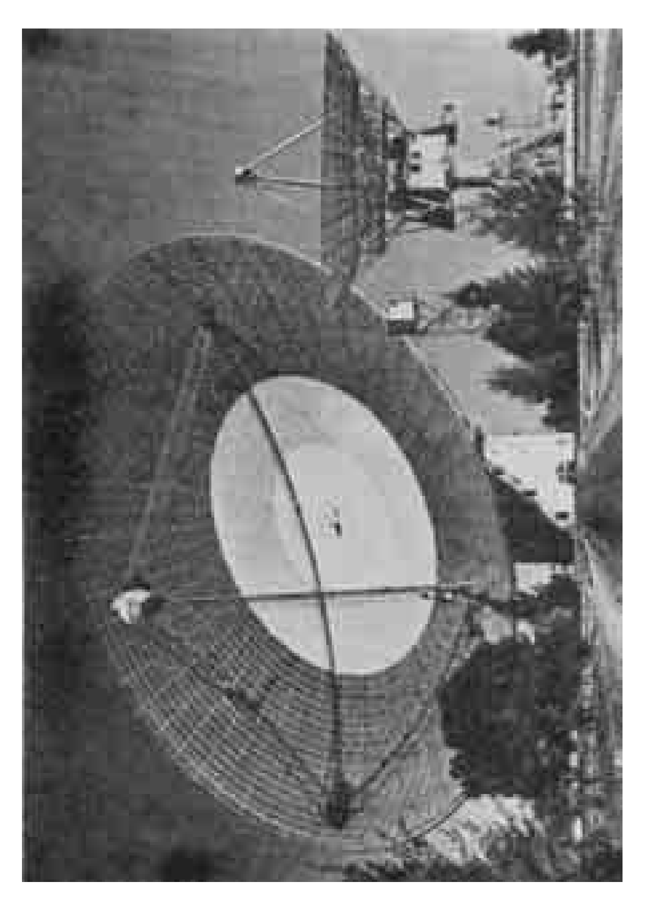
(*) الارج .Erg : وحدة طاقة تساوي القوة التي اذا اثرت في كتلة مقدارها جرام واحد لاكسبتها سرعة قدرها سنتيمتر في الثانية.

| موجات | الراديو | أشعة تحت الحمراء | | أشعة فوق البنفسجية | أشعة آكس | أشعة جاما |
|---|---|---|---|---|---|---|

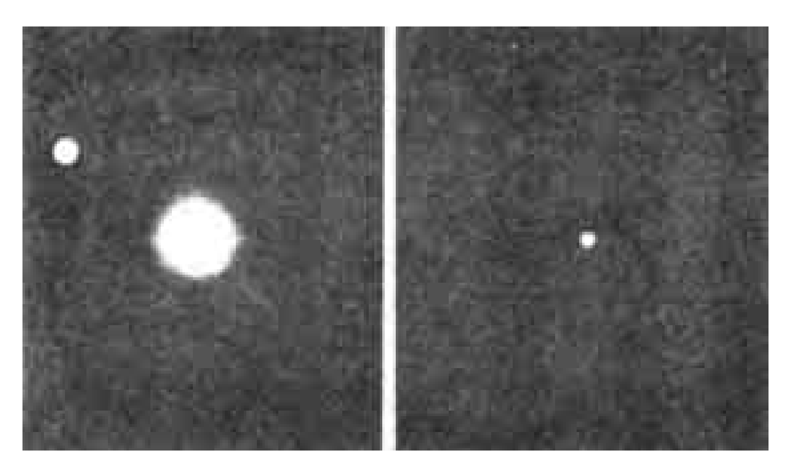
شكل(20): الاشعة الكهرومغناطيسية حسب طول موجاتها



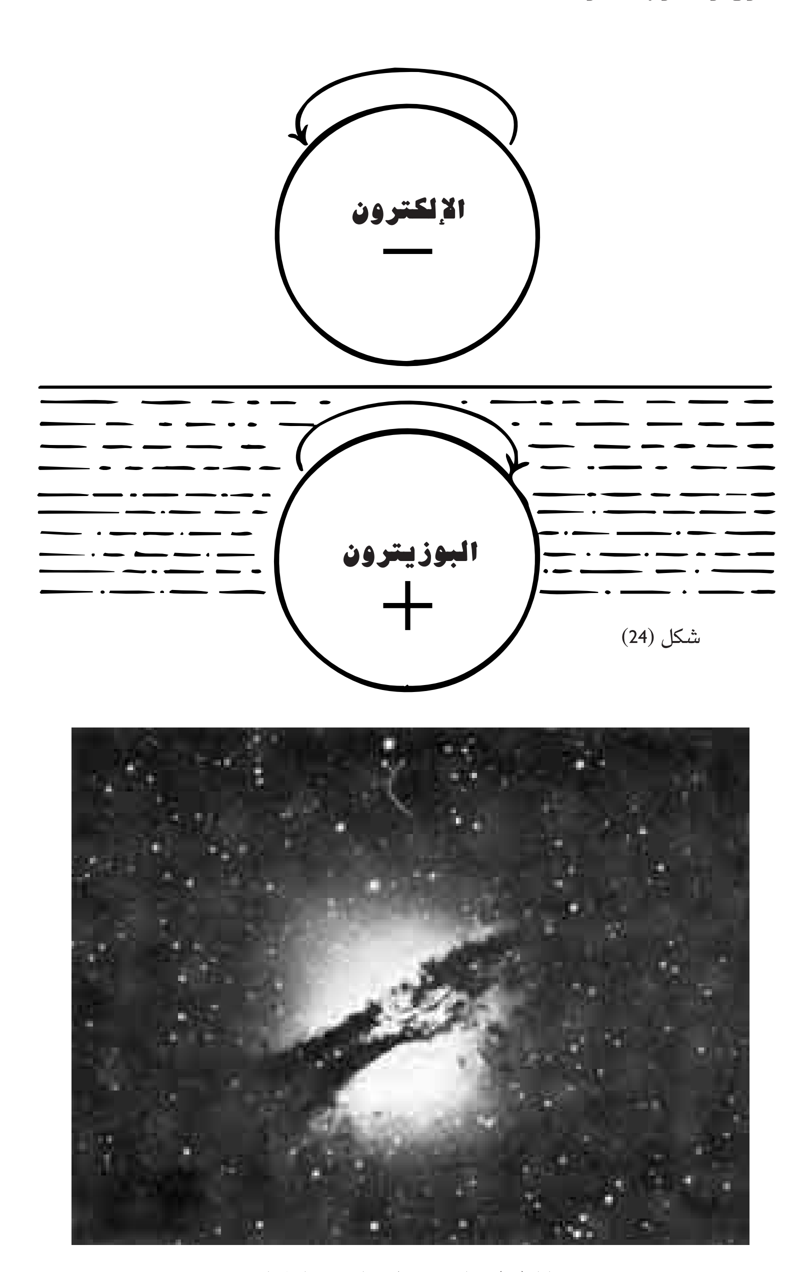
شكل(21): المصدر الراديوي القوي (الدجاجة أ)



شكل(22): التلسكوب الراديوي



شكل(23): الكوازران ( 3 ك 196)، و (3 ك 373) ( 3 ك تعني مصنف كامبريدج الثالث للمصادر الراديوية). ويعتبر الكوازر الاخير اقوى منبع لاشعة اكس تم اكتشافه حتى الوقت الحاضر.




شكل (24)

شكل(25): هل يحوى كوننا نقيضا للمادة

# الباب الثاني
# رحلة بين النجوم والمجرات

# 4 عالم من الضياء

### بين الخيال... والحقيقة

كانت السماء بالنسبة للإنسان القديم عبارة عن قبة هائلة مصاغة من أنقى أنواع البللور، يضفي عليها ضوء النهار لونا أزرق، وتتركها ظلمة الليل في سواد حالك. وعندما يأتي الليل كانت هذه القبة السوداء تزدان بنقط عديدة مضيئة متلألئة كالماس، هي النجوم. وكان الإنسان في بادئ الأمر، يفسر النجوم البعيدة الغامضة، بالشعر والأساطير. ويبدو أن الإنسان قام بتتبع الحركات الظاهرية للنجوم، قبل أن يكون هناك أي فهم حقيقي لطبيعتها، ولا بد أن النجوم كانت من أوائل الأشياء في الطبيعة التي جعلت الإنسان القديم يبدأ التفكير، فيما وراء الطبيعة من أسرار. ولقد جعل منه هذا التأمل في الكون، خلال بعض لحظات حياته البشرية قصاصا وشاعرا وفيلسوفا وعالما. ولكن ماذا يقول العلم عن النجوم؟.

النجوم أجرام سماوية كروية أو شبه كروية الشكل Spheroid متوهجة شديدة الحرارة، ومن ثم فهي مشعة للضوء أو بالأحرى لجميع إشعاعات الطيف الكهرومغناطيسي. وتتكون النجوم غالبا من غازي الهيدروجين والهليوم، وعندما يصدر منها

الضوء يصل إلينا فنراها لامعة في أثناء ليل الأرض المظلم. كما توجد طاقة هائلة تنتج عن الآتون المستعر داخل النجم، وهذه الطاقة تنشأ نتيجة تفاعلات نووية ذرية. وعن طريق ما تتركه هذه التفاعلات من بصمات على ضوء النجوم-أطيافها-بالاستماع إلى النبضات التي تصدرها، نستطيع أن نعرف كل المعلومات عن النجوم. وحيث أن خطوة طيف العناصر يمكن تشبيهها بالبصمات، التي نستطيع أن نميز بها إنسانا عن إنسان آخر، وكما أنه لا يوجد شخصان لهما نفس البصمات، كذلك لا يوجد عنصران في الطبيعة لهما نفس خطوط الطيف.

وتبدو النجوم لمن ينظر إليها بالعين المجردة، ذات ألوان مختلفة: منها الأبيض ناصع البياض، ومنها الأصفر والأحمر والأزرق. وسبب اختلاف اللون هو اختلاف درجة حرارة النجم نفسه، ولذلك استدل من اللون على درجة الحرارة لسطح النجم. وأقل النجوم حرارة ذات اللون الأحمر، ثم تليها النجوم ذات اللون الأصفر، ثم ذات اللون الأبيض وأخيرا ذات اللون الأزرق. ولقد ثبت أن بعض هذه النجوم يتغير لونها مع الوقت، وحسب مكانها في سلم التطور، من ميلادها إلى فنائها. وتعتبر النجوم الوحدات الأساسية بين الأجرام الفضائية، وخير مثال للنجوم.. الشمس، التي نراها كل يوم، والتي نستمد منها مقومات حياتنا.

فما النجوم التي نراها في السماء، ألا شموس تعد بالبلايين تسبح في الفضاء الكوني. وهي التي تتكون في مجموعات يطلق عليها المجرات Galaxies، وأيضا تحتشد النجوم والمجرات في حشود يطلق عليها الكوكبات Constellations.

ومنذ قديم الزمن، تخيل الناس هذه الكوكبات بأنها تمثل حيوانات أو أبطالا، نسجوا حولها الخرافات والأساطير.. فهناك كوكبة الثور والحوت والسرطان والدجاجة، وأيضا هناك كوكبة هرقل والجبار، حسب تصور الراصدين لشكل الكوكبة. وبمراقبة صفحة السماء خلال شهور متعاقبة، يتضح لنا أن هناك نجوما تظهر في بعض الشهور أي خلال فصل معين، ثم تختفي وتظهر بدلها نجوم من كوكبات أخرى. ومن المعتاد أن نقول عن كوكبات النجوم أنها كوكبات الشتاء أو الصيف أو الخريف مثلا، حسب الفصل الذي يغلب ظهورها فيه.

ونحن نرى النجوم صغيرة، بالمقارنة بالشمس، لبعدها السحيق عنا، فشمسنا تبعد عنا مسافة 8 دقائق ضوئية بينما قرب نجم لنا-بعد الشمس- وهو النجم ألفا قنطورس Alfa Centaurus، يبعد عنا مسافة 3ر4 سنة ضوئية (بعد الشمس عنا في المتوسط 149 مليون كيلو متر، بينما بعد ألفا قنطورس 42 مليون مليون (تريليون) كيلو متر). أذن ففرق المسافات-أي فرق الأبعاد- هو السبب الرئيسي أن ضوء الشمس ساطع وضوء النجوم خافت بالنسبة لنا، وما الشمس إلا نجم متوسط القوة بين بلايين النجوم في السماء.

## رحلة إلى الشمس

وربما يتساءل الإنسان: كم تبعد عنا هذه النجوم؟ وما هو حجمها ومقدار لمعانها؟ وما هي أنواعها؟ وتتزاحم الأسئلة: ترى كيف نشأت النجوم وماذا ستكون نهايتها؟ أم لعلها أبدية فتبقى مضيئة دائما؟. إن هذا السؤال الأخير يمكن إجابته بسرعة، فالنجوم ليست أبدية، وهي تولد وتموت، ولو أن قصة مولدها وموتها غريبة إلى حد بعيد.. وحتى يمكن الإجابة على كل الأسئلة، سنأخذ الشمس نموذجا تتمثل فيه خصائص النجوم العادية، وقد درس العلماء حوالي ربع مليون نجم بشيء من التفصيل، فوجدوا أن حوالي 10٪ من هذه النجوم تشبه الشمس. إن صلتنا بالشمس هي صلة وحدة النشطة والتبعية، في مركز النظام الشمس كله، ومحور دوامة كواكبه وأقماره وكويكباته ومذنباته، ومنبع طاقته ومنظم حركاته والمع ضوء فيه.

وهذا العضو الرئيسي في الأسرة الشمسية Solar Family، يعد من النجوم متوسطة الحجم ومن فضيلة نجوم التتابع الرئيسي Main Sequence، أي النجوم التي ما زالت في مرحلة الشباب.

والشمس بكواكبها التسع وأقمارها، وباقي أفراد أسرتها من الأجرام الفضائية الأخرى، مجرد جزء ضئيل للغاية من مجرتنا، وتدور المجموعة الشمسية كلها حول مركز تلك المجرة وتتم دورة كاملة في 250 مليون سنة تقريبا، بسرعة تبلغ 20 كيلو متر في الثانية. وتسمى هذه الدورة بالسنة الكونية Cosmic Year ويبلغ قطر الشمس حوالي مليون و 384 ألف كيلو متر، وتزيد الجاذبية فوق سطحها 28 مرة عن جاذبية سطح الأرض، كما يبلغ عمر الشمس خمسة آلاف مليون عام.

## طاقة الشمس

خطا علماء الفلك في السنوات الأخيرة خطوات واسعة، وكان من ضمن الموضوعات التي حيرتهم طويلا: ما مصدر هذه الطاقة الهائلة للشمس والتي تملأ جو الأرض ضوءا وحرارة؟ وهي ليست إلا جزءا ضئيلا من طاقة عظيمة يتبدد أغلبها في الفضاء، ويصل بعضها الآخر إلى الكواكب الأخرى.

وحرارة الشمس وباقي النجوم هي نتيجة لتفاعلات الاندماجات النووية الهيدروجينية وتحويلها إلى هليوم، والتي تتوالى بصفة مستمرة بسبب شدة الضغط والحرارة في باطنها.

ويرى بعض علماء الفلك أن ديناميكية الغازات في باطن الشمس، ترجع إلى ضغط القوى الداخلية الثائرة الذي يقذف بالغازات شديدة الحرارة من باطنها، إلى سطحها في تيارات هائلة من الحرارة، إذا ما بلغت سطحها انصبت إلى الفضاء إشعاع طاقة. بينما التيارات الأقل حرارة ترجع إلى باطن الشمس منطلقة بسرعات هائلة، الأمر الذي ينتج عنه تصادم الذرات التي تتلاحم وتتأين (أي تفقد أو تكتسب إلكترونا داخل ذراتها) في اندفاع جنوني محموم بسرعات تبلغ في المتوسط 150 كيلو متر في الثانية، على غير هدى ودون أن تخضع لأي قانون أو نظام ظاهرين في هذا الخضم المستعر.

والمفروض أن المصدر الأكبر للطاقة يكمن في قلب الشمس، الأكثر سخونة (حوالي 20 مليون درجة مئوية)، والذي يظن العلماء أن قطره يبلغ حوالي 224 ألف كيلو متر، بينما تبلغ درجة حرارة سطح الشمس حوالي 6 آلاف درجة مئوية. لقد أعطت النظرية الذرية Atomic Theory أروع تفسير لمصدر طاقة الشمس من حيث الاقتناع بتحول المادة إلى طاقة.. فالحقيقة أن عمليات اندماج ذرية متوالية تتم بين عناصر الشمس فتنطلق الطاقة منها. وكأن الشمس كتلة ذرية ضخمة يحدث بها اندماج نووي، يشبه ما يحدث في القنبلة الهيدروجينية، مع سيطرة خارجية قوية عليها لتنطلق الطاقة منها، في بطء وباتزان ويحقق هذه السيطرة ذلك الضغط الهائل، الواقع عليها حتى أنه يبلغ مليون طن على السنتيمتر المربع الواحد.

والتفاعلات الحرارية النووية التي تنتج الطاقة الشمسية، ليست متصورة على عملية تحويل نووية واحدة، بل هي تتابع كامل من التحويلات المترابطة،

أو سلسلة تفاعلات يسهم فيها نوى العديد من العناصر التي نشأت أصلا من اندماج الهيدروجين، مادة الكون الأساسية. ومن الواضح أن للعملية الحرارية النووية ناتجا مهما جدا، إلا وهو انطلاق تلك الطاقة الإشعاعية الجبارة، ولذلك فسطح الشمس دائب الحركة حتى لترى السنة تشق عنان السماء في نافورات هائلة تذهب إلى ارتفاعات شاهقة قد تصل إلى آلاف الكيلو مترات.

ومعظم أنواع الطاقات الكامنة في الأرض أصلها من الشمس، فالفحم والأخشاب والبترول وغيرها ما هي في الواقع إلا طاقات شمسية مختزنة أنتجتها خلال ملايين السنين، التفاعلات الفوتوكيمائية للإشعاعات الشمسية المختلفة التي هي-ولا شك-قوام الحياة الأولى على كوكب الأرض.

## البقع الشمسية

تتولد على سطح الشمس المستعر، بقح داكنة وسط السطح المضيء الأبيض اللامع.. إنها البقع الشمسية Sunspots ولربما كانت البقع الشمسية أكثر الظواهر المتصلة بالشمس وضوحا، وقد أصبحت موضع دراسة علماء الفلك في الوقت الحاضر. أنها تتخذ شكلا واضحا: فهناك منطقة مركزية تسمى الظل Umbra، وهي محاطة بمنطقة أكثر إضاءة تسمى شبه الظل Penumbra. والبقع الشمسية اقل لمعانا من سطح الشمس، لأنها أقل منه حرارة بحوالي 2000 درجة، كذلك تبدو مراكزها على مستوى اكثر انخفاضا من باقي السطح. والبقع الشمسية لا تحدث فرادى وإنما تظهر عموما في مجموعات، ويمكن أن تحتوي المجموعات الكبيرة على بضع مئات من البقع من جميع الأحجام، تنشأ عن نمو سريع لاثنتين منها، تسمى الأولى (القائدة) وهي السباقة إلى الحافة الغربية لقرص الشمس، وتكون عادة اكثر الاثنتين تماسكا وقوة، أما الثانية فيطلق عليها اسم (التابعة). والبقعة القائدة والتابعة لهما مجالان مغناطيسيان متضادا القطبية، أحدهما موجب والآخر سالب.

وغالبا ما تظهر مجموعتان متوازيتان من البقع على جانبي خط استواء الشمس، ويعتقد علماء الفلك المحدثون بأنهما تتكونان عند انقسام مجال مغناطيسي، حلقي الشكل قادم من مركز الشمس، كما يميلون إلى الاعتقاد بأن المجال المغناطيسي ينشأ قبل البقع الشمسية، وأنها ربما تنشأ بفعل

هذا المجال أو ربما بسبب التيارات الكهربية الهائلة التي تسري في الشمس. وعند القيام بتحليل للطيف لهذه البقع الشمسية، يتضح أنها مراكز لدوامات اضطراب شديد إذ تظهر الحركة الحلزونية للغازات بوضوح قرب هذه البقع، كما تبدو الغازات وكأنها تمتص إلى داخل البقع.

وقد اتضح للعلماء أيضا أن عدد البقع الشمسية ليس ثابتا، بل يتدرج من حد أدنى إلى حد أقصى، ثم يهبط مرة أخرى إلى الحد الأدنى، خلال مدة مقدارها ١١ عاما تقريبا. فعند الحد الأقصى للدورة قد تظهر العديد من البقع، وعند الحد الأدنى لها قد يظل قرص الشمس بلا بقع إطلاقا لمدة لا تزيد عن أسابيع معدودة. وهناك عدة ظواهر أرضية مرتبطة بدورة البقع الشمسية، أهمها ظهور العواصف المغناطيسية التي يصاحبها اضطراب في الاتصالات التليفونية واللاسلكية، كما تؤثر على المواصلات البحرية والجوية التي تعتمد على البوصلة المغناطيسية في تحديد اتجاهاتها.

## محيط هائل من النار

يبدو قرص الشمس للناظر إليه من الأرض محدودا نتيجة للبعد، ولكن في حقيقة الأمر أن حجم الشمس يزيد عن حجم الأرض، أكثر من مليون مرة. ومن اجل أن تبقى الشمس نجما مستقرا، يلزم لها الاحتفاظ بنوع من التوازن بين جاذبيتها والضغط الهائل الناتج عن درجة الحرارة الجبارة في الداخل. فلولا وجود ما يعادل قوة الجاذبية التي تضم الغاز إلى بعضه، لما كان هناك ما يمنع الشمس من الانكماش إلى الداخل، وأيضا لولا الجاذبية- التي تمنع الغاز المتأجج داخل الشمس من التمدد-لانفجرت الشمس وتبعثرت في الفضاء.

وواقع الأمر أن القوتين تعملان معا، بحيث تبقي الشمس تعادلا دقيقا بين اندفاع الغاز الساخن في الداخل والخارج، والانكماش إلى الداخل بفعل الجاذبية. وعند دراسة قرص الشمس وتصويره-خاصة وقت الكسوف- يمكن ملاحظة السنة شمسية، ممتدة خارج قرصها المضيء، وتمتد هذه الألسنة المندلعة إلى آلاف الكيلو مترات خارج القرص، وهي تنبثق وتتشتت في كل الاتجاهات وبسرعات مذهلة تقترب من مليون كيلو متر في الساعة الواحدة.

وهذه الألسنة تأخذ أشكالا غريبة، كما أنها قد تنفصل من الأجزاء السفلية من قرص الشمس، ولكن ليست كل هذه الاندلاعات متحركة بهذه السرعة العالية، إذ أن بعضها يظهر هادئا كنتوء بارز من قرص الشمس في غير حركة سريعة، ويكون متوسط ارتفاعه حوالي 80 ألف كيلو متر.

وهنا يتبادر سؤال وهو: مم تتكون هذه الألسنة الهائلة؟ للإجابة على هذا السؤال يستخدم العلماء جهاز المطياف الشمسي Spectro-Heliograph الذي يستخدم لدراسة الشمس ومكوناتها والتعرف على طبيعتها. ويقسم العلماء الشمس وغلافها الجوى، إلى طبقات أو محيطات Spheres، يمتد آخرها إلى ملايين الكيلو مترات في الفضاء.

وعندما ننظر إلى قرص الشمس أثناء الشروق أو عند الغروب، لظهر لنا سطحه الأملس الخالي من التجعدات والنتوءات، وكأنه ينعم بالهدوء والتجانس. ولكن هذا ليس في الواقع إلا خداع نظر، فالشمس أقرب ما تكون إلى محيط هائل ثائر متلاطم الأمواج، ومسرح لأشد أنواع الدوامات Swirls والتدفقات Spurts والأعاصير والعواصف المغناطيسية، وزوابع الحمم والتفجرات، كلها تجتاح الشمس في كل أجزاءها. والشمس لا تنفرد-دون غيرها من النجوم-بهذه الظواهر بل أن الحال في كثير من النجوم الأخرى أعنف حركة وأشد ثورة.

ويقسم العلماء الطبقات المختلفة المكونة للشمس إلى ما يلي:

**الفوتوسفير (الطبقة الضوئية Photosphere)**

يسمى قرص الشمس الذي نراه (الفوتوسفير) أو الطبقة الضوئية وهي الجزء الخارجي المشع للضوء، ويبلغ عمقه حوالي 400 كيلو متر. ومن هذه الطبقة ينتج الجزء الأكبر من الحرارة والضوء، اللذين نستقبلهما على الأرض. ويتضح من الدراسات الفلكية أن عنصري الهيدروجين والهليوم هما أكثر العناصر شيوعا في الفوتوسفير، فبينما تبلغ نسبة الهيدروجين 90 في المائة من عدد الذرات الموجودة يبلغ الهليوم 9,9 في المائة، أما العناصر الثقيلة مجتمعة فهي عبارة عن ار في المائة. وتنتشر في طبقة الفوتوسفير البقع الشمسية، تلك الدوامات الهائلة التي تجتاح سطح الشمس.

وهناك نظرية حديثة عن أصل هذه البقع، تقول بأن الشمس جسم غير

متماسك فلذلك تدور أجزاؤها المختلفة، بسرعات دورانية متباينة. سيكون الدوران أسرع نوعا ما في المناطق الاستوائية، عنه في المناطق القطبية، ويتسبب هذا الفرق في السرعات إلى تكوين دوامات على سطح الشمس، بنفس الطريقة التي تتكون بها الدوامات في الأنهار سريعة الجريان، نتيجة لاختلاف سرعة التيار. إن سطح الفوتوسفير-في المناطق غير المضطربة بفعل البقع الشمسية-له مظهر حبيبي، أطلق عليه أحيانا تركيب (حبات الأرز). وتبدو هذه الحبيبات Granulations في الفوتوسفير كمساحات لامعة بقطر يبلغ من 300 إلى 1500 كيلو متر، ويفصل بينها مناطق ضيقة أقل إضاءة.

ولتفسير حدوث الحبيبات في طبقة الفوتوسفير: أنه عندما تسخن الطبقات السفلى من الشمس تتكون تيارات حمل من الغاز وتتمدد، فترتفع خلال الطبقة الأكثف إلى أعلى، ونتيجة لهذا تنشأ عملية دائرية تنتقل فيها الحرارة من المستوى الأسفل الأسخن، إلى المستوى العلوي الأبرد نسبيا. وما الحبيبات إلا الأعمدة الصاعدة من الغاز، الذي تم تسخينه بواسطة الطاقة في قلب الشمس المتأجج. أما المناطق الأقل لمعانا والواقعة بين الأعمدة الصاعدة من الغاز الساخن، فهي عبارة عن غاز بارد نسبيا، يهبط إلى أسفل.

**كطبقة العاكسة** Reversing Layer

وهي الطبقة التي تعلو الفوتوسفير مباشرة ولا يتجاوز سمكها عدة مئات من الكيلو مترات، وهي على صغرها النسبي ذات أهمية كبرى لعلماء الفلك، لأنها الطبقة أو المجال الذي تتم فيه عملية امتصاص الذرات والجزيئات لجزء من الطيف الضوئي للشمس، وينتج عن ذلك خطوط الامتصاص ولها شدتها النسبية. وعن طريق دراسة هذه الطبقة العاكسة، تمكن علماء الفلك من الوقوف على الكثير من المعلومات الفيزيائية والكيماوية للعناصر الموجودة بالشمس، وبأنها تحتوي على حوالي 68 عنصرا منها الهيدروجين والهليوم والأوكسجين والنيتروجين والكالسيوم والكربون والصوديوم والنحاس والحديد والرصاص. وفي الطبقة العاكسة توجد أغلب العناصر الموجودة في الشمس، ومن الجدير بالذكر أنه ليست هناك حدود

فاصلة مميزة بين هذه الطبقة، والطبقة التالية وهي الكروموسفير أو الطبقة الملونة.

**الكروموسفير (الطبقة الملونة** Chromosphere)

يرجع السبب في وجود الغلاف المضيء المحيط بقرص الشمس، إلى وجود غاز الهيدروجين الذي يكون الطبقة المكونة لجو الشمس، ويعرف هذا الغلاف باسم الكروموسفير. وهي الطبقة التالية للطبقة العاكسة علوا، وقد اكتسبت هذه التسمية من تلك الصبغة الوردية التي تستمدها من الهيدروجين، والتي تبدو واضحة في حالة الكسوف الكلي للشمس، عندما يحجب القمر قرص الشمس، فتبدو طبقة الكروموسفير كحزام أحمر يحيط بظل القمر، ويظهر في صورة تاج أو إكليل مضيء في بهاء لامع.

ويقدر عمق هذا الإكليل أو تاج الشمس Corona حوالي 480 ألف كيلو متر، وأبعادها ليست منتظمة وقد تمتد منها انبثاقات طويلة تسمى النتوءات أو الألسنة، تبرز من وراء الطبقة الغازية خارج حافة الشمس. إن تاج الشمس جزء من الأجواء العليا للشمس Upper Atmosphere، وهو مكون من إلكترونات طليقة تبلغ سرعتها حوالي ١١ مليون كيلو متر في الساعة. وتاج الشمس لا يرى في الحالات العادية، لان ضوء الشمس يحجبه ولكن يمكن مشاهدته بوضوح أثناء الكسوف الكلي للشمس.

ويفسر بعض علماء الفلك وجود هذا الإكليل الشبيه بالقناع، بأن ذرات العناصر المختلفة تمتص جزءا من ضوء الشمس وتمسك به مؤقتا، ثم تطلقه مرة أخرى. وكل ذرة عندما تقوم بهذا ترسل ضوءا بشكل لون مميز، وعلى ذلك فان طاقة الشمس بهذه الطريقة يتم امتصاصها ثم إطلاقها ثانية، وعليها طابع الذرة التي امتصتها، ويمكن بواسطة المطياف تحليل ضوء الإكليل إلى ألوان متباينة. وقد كان علماء الفلك-لسوء الحظ-بطيئين في بحوثهم في هذه الناحية، فعلى مدى خمسين سنة، كانت الخطوط الخضراء في إكليل الشمس تعزى إلى عنصر جديد غير معروف على الأرض، أطلق عليه اسم (كورونيوم)، ولكن جاء العالم السويدي أيدلين ليبين أن الخطوة الخضراء، ناتجة عن ذرات عادية من عنصر الحديد نزعت منها الكتروناتها. فأيون الحديد يتكون عادة من نواة داخل سحابة

من الإلكترونات يبلغ عددها 26 إلكترونا، لكن بعض هذه الإلكترونات تفلت في درجات الحرارة الهائلة.

وتفقد ذرة الحديد في إكليل الشمس 13 إلكترونا، وهذا ما يحدث عندما ترتفع درجة الحرارة إلى عدة ملايين من الدرجات، وهذه الإلكترونات المنتزعة من ذرة الحديد ترسل إشارات راديوية قوية، تدلنا على درجة الحرارة الهائلة في إكليل الشمس.

وترتفع درجة حرارة الإكليل والكروموسفير، بسبب تلك الانفجارات التي تحدث في الطبقات الداخلية. أن الفوتوسفير جحيم جائش، ترتفع إليه من الداخل غيوم عملاقة محملة بالحرارة اللافحة، ونستطيع بتلسكوب خاص قوي أن نرى طبقة الفوتوسفير وهي ذات سطح ملئ بالملايين من الخلايا أو المراكز البراقة. وكل منها تبدو كانفجار قنبلة هيدروجينية عملاقة ممتدة على بقعة قطرها حوالي 800 كيلو متر. وهذه الينابيع الشمسية ترفع من درجة حرارة الكروموسفير والإكليل الشمسي.

وقد تثور أحيانا طبقة الفوتوسفير بعنف غير مألوف، فتقذف مادة تشق طريقها عبر الكروموسفير والإكليل، ويندفع سيل من الغاز المتأجج في جو الشمس آلاف الكيلو مترات. ولكن يتأثر هذا الغاز في حركة اندفاعه، بخطوط القوى المغناطيسية فينحني إلى الإكليل، ثم يعود إلى طبقة الفوتوسفير مرة أخرى. ويمكن رؤية هذا الغاز المتوهج بسهولة حين يحجب بريق الفوتوسفير الخاطف، إبان الكسوف الكلي للشمس، فنجد السنة براقة من الغاز (النتوءات) تندلع من حافة الشمس، وقد وجد أن معظم هذه النتوءات تبدأ وتنتهي على حافة إحدى البقع الشمسية.

والبقعة الشمسية ليست منطقة عاصفة، وإنما هي منطقة أقل حرارة من جوارها، هادئة يعزلها مجال مغناطيسي شديد عما يحيط بها في منطقة الفوتوسفير. ولكن المادة حول البقعة الشمسية في حالة ثورة عنيفة، والطاقة في داخل الشمس تندلع إلى الخارج-من حول البقعة-مسببة الانفجارات الهائلة. وقد تكون هذه الانفجارات عنيفة أحيانا إلى الحد أنها تقذف بجزء من الفوتوسفير، إلى الفضاء الخارجي بحيث يتحول إلى كتلة من الغاز المتأين، تسير بين الكواكب بلا هدف.

إن الكروموسفير هو عبارة إذن عن نطاق تسوده حركات عمودية شديدة،

فخلاله لا تنتقل طاقة الشمس فقد وإنما أيضا البروتونات والجسيمات التي تصبح جزءا من الرياح الشمسية التي تنطلق من الشمس. والكروموسفير أيضا هو المكان الذي يولد فيه الوهج أو التأجج الشمسي Solar Flare، وهي منطقة محلية ترتفع حرارتها-وكثير ما يكون ذلك فجأة-إلى درجة غير عادية. وقد تغطي مساحة كبيرة تبلغ عشرا من واحد في المائة من سطح الشمس كله. والتعليل المرجح لهذا الارتفاع المفاجئ في الحرارة، هو أن ثمة اضطرابا مغناطيسيا ينتج جسيمات سريعة الحركة تصطدم بمادة الشمس العادية.

وعند حدوث الوهج الشمسي، كثيرا ما تقذف الشمس جسيمات سريعة الحركة في اتجاهات متزايدة الاتساع، ومن السهل تمييز ما يصل من هذه الجسيمات المنطلقة ناحية الأرض. والتوهجات الكبيرة فقط هي التي تتولد منها عواصف من البروتونات، وسحب من الجسيمات المشحونة تتداخل مع الاتصالات اللاسلكية على الأرض، كما تشكل خطورة على رواد الفضاء بالقرب من النجوم. وتنتشر التوهجات عادة في منطقة البقع الشمسية مصحوبة بمجالات مغناطيسية معقدة، ويكون هناك فرصة اكبر لحدوث التوهجات أثناء نمو البقعة الشمسية. وتختزن التوهجات الشمسية كميات هائلة من الطاقة، الأمر الذي يبدو واضحا في ذلك الطوفان من الجسيمات التي يقذف بها في الفضاء.

## نظرية التموجات الصوتية

لقد أوضحنا أن مادة الشمس، من أسفل الطبقة المضيئة إلى عمق كبير في باطن الشمس، في حالة هياج مضطرب. والواقع أن الغاز يخترق الطبقات التي تعلوه حتى يصل إلى الطبقة المضيئة (الفوتوسفير)، وعندها يمكن رؤية ذلك برصد الشمس مباشرة. والغاز «يغلى» في بوتقات يصل اتساعها إلى نحو ألف كيلو متر، وتسمى بالحبيبات وتنتشر في الفوتوسفير. ولقد تقدم بعض علماء الفلك بنظرية تقول بأن هذه الغازات المتحركة تحدث تموجات «صوتية»، وفي أثناء اتجاهها إلى أعلى تخترق غازات أخرى وتصطدم بها، وهذا يجعل التموجات الصوتية تزداد عنفا، فإذا ما وصلت إلى الإكليل الشمسي، تولد ذلك النوع شديد العنف الذي يعرف باسم

(موجات الاصطدام)، وهذه الموجات الأخيرة-في رأي أنصار نظرية التموجات الصوتية-هي التي تسبب ارتفاع درجة حرارة الإكليل الشمسي.

ويوجه إلى هذه النظرية النقد الآتي: إن الحركات الموجودة فعلا على الارتفاعات التي تعلو هذه الطبقة السفلى من جو الشمس (أي على ارتفاعات تزيد عن ألفي كيلو متر فوق الفوتوسفير)، ليست في الواقع من النوع الذي تقول به النظرية، فالحركات التي تحدث فعلا هي بصفة عامة من نوع الحركة الناتجة عن حركة المادة نفسها، وليست من نوع الحركة التموجية.

## الاندماج النووي فوق الشمس

منذ ثلاثة أو أربعة بلايين سنة، أي عندما كانت الشمس صغيرة السن نسبيا، (يبلغ عمرها الآن حوالي خمسة بلايين سنة) كانت الشمس أصغر مما هي عليه في الوقت الحاضر.

ولا بد أن كوكب الأرض، قد تعرض في الماضي السحيق لإشعاع فوق بنفسجي وأشعة جاما، بقدر أشد كثيرا مما يتعرض له الآن. وأساس كل هذه الاعتبارات أن نشاط طبقة الكروموسفير في الشمس، يمكن أن يضمحل مع الزمن وأنه ظل مرتبطا بالضعف التدريجي الحادث للمجال المغناطيسي للشمس. وبرغم أن الشمس لم تعد قوية مثلما كانت أيام شبابها، فإنها باقية كنجم مستقر بعد أن تركت وراءها حياة مليئة بالنشاط استمرت فترة طويلة.

ويقدر ما فقدته الشمس منذ بداية حياتها، بحوالي خمسة في المائة من كتلتها نتيجة التفاعلات النووية، وقد كسبت الشمس بعض الكتلة من جراء ما التصق بها من غبار وغاز ما بين النجوم، ولكن هذه الإضافة أقل كثيرا مما فقدته. أما تطور الشمس المقبل فيتوقع علماء الفلك للشمس، إذا استطاعت الاستمرار في إنفاق ما لا يزيد عن 650 مليون طن من الهيدروجين في الثانية-كما تفعل في الوقت الحاضر-أن تظل تنتج الطاقة لفترة أخرى طولها نحو 5 بلايين سنة (أي خمسة آلاف مليون سنة)، وبعدها تتحول إلى عملاق أحمر ثم قزم أبيض، كما سيتضح من الفصل القادم. وتحدث طاقة الشمس عن طريق ما يعرف بالتفاعلات النووية الحرارية، خلال تحويل الهيدروجين إلى هليوم. وتعرف الطريقة التي يتم بها ذلك التحويل في قلب

الشمس، بسلسلة البروتون-بروتون Proton-Proton.

وهناك أيضا طريقة أخرى يمكن بها أيضا التحويل عن طريق دائرة الكربون، إذا بلغت درجة الحرارة حوالي 20 مليون درجة، حيث أن درجة الحرارة في معظم أجزاء داخل الشمس تبلغ حوالي 15 مليون درجة، فان تفاعلات البروتون-بروتون هي الأكثر أهمية وشيوعا.، ولكن كيف يتم حدوث هذا التفاعل النووي الذي أطلق عليه اسم (البروتون-بروتون)؟. لا بد في البداية من أن نعرف أن الظروف الغريبة السائدة في قلب الشمس، من درجة حرارة تبلغ 15 مليون درجة، وضغط يصل إلى تريليون (مليون مليون) طن فوق البوصة المربعة (البوصة = 54ر2 سنتيمتر)، كل هذا يفوق كل تصور بشري. فليس في استطاعتنا أن نقرب من أذهاننا مثل هذه الظروف المذهلة.

في مثل هذه الظروف، لا يمكن أن يبقى أي تركيب ذري بل توجد فقط إلكترونات حرة، وبروتونات نووية منفصلة عن الكتروناتها. وليس من الضروري أن تكون التفاعلات النووية سريعة الحدوث، وإلا أدى هذا إلى تطاير الشمس في الفضاء. إن أول خطوة في التفاعل النووي هو اصطدام بروتونين. وكل بروتون في الواقع عبارة عن نواة ذرة هيدروجين، منزوعا منها الكترونها الوحيد (ذرة الهيدروجين = إلكترون واحد + بروتون واحد)، وبالتحام مثل هذين البروتونين تحدث عدة تفاعلات. فبالتصاق البروتونين معا يكونان نواة النظير الثقيل للهيدروجين أي الدويتيريوم Deuterium، وكنتاج جانبي لهذا الاصطدام، ينشأ من فائض طاقة الحركة والشحنة إنتاج جسمين آخرين هما: النيوترينو Neutrino والبوزيترون Positron.

والنيوترينو هو جسيم ذري أولي ليس له كتلة أو شحنة، وهو يرفض التفاعل مع أية مادة في الكون على الإطلاق، فبمجرد نشأته-كنتيجة لتصادم البروتونين-فانه ينطلق مخترقا كتلة الشمس إلى الفضاء. وهناك أعداد هائلة من النيوترينوات تجوب أرجاء الفضاء باستمرار، وتنشأ كنواتج من مخلفات بلايين النجوم، وكثير من هذه النيوترينوات يمر خلال الأرض كما لو كان كوكبنا غير موجود. أما البوزيترون فهو، كما عرفنا، عبارة عن مادة مضادة أو نقيض مادة. فالإلكترون كما عهدناه، هو جسيم دقيق عليه شحنة سالبة، أما البوزيترون فهو إلكترون ولكنه يحمل شحنة موجبة. وبعد تحرر البوزيترون خلال اصطدام البروتونين، فانه يجد نفسه محاطا بالإلكترونات

العادية ذات الشحنة السالبة، وفي جزء من الثانية يصطدم بالإلكترون العادي، فيتلاشيان معا وينبعث عنهما وميض من الطاقة. أما الخطوة الثانية في التفاعل-بعد تكوين نواة الدويتريوم (أي الهيدروجين الثقيل)- فتتم في بضع ثوان، حيث تقتنص نواة الدويتريوم بروتونا آخر، فتصبح ذات ثلاث بروتونات معا، ويتحول أحد هذه البروتونات إلى نيوترون متعادل الشحنة، وتتكون نواة خفيفة للهليوم (يطلق عليها هليوم-3). كما ينشأ عن التغير الشديد في هذا التفاعل، انطلاق أشعة جاما-أقصر الإشعاعات الكهرومغناطيسية طول موجة وأكبرها طاقة-وتكون نتيجة هذا تحرير المزيد من الطاقة الشمسية.

وفي كل ثانية يتم بواسطة تفاعل البروتون-بروتون (أي التفاعل النووي الحراري)، تحويل نحو 57 مليون طن من الهيدروجين في مركز الشمس، إلى 653 طن من الهليوم مع فقد ما يساوي 5 ملايين طن من الكتلة، تتحول إلى طاقة شمسية. وعلى هذا، فان كتلة الشمس تكفي نظريا بضع مئات البلايين من السنين، حتى يتحول كل ما فيها من هيدروجين إلى هليوم، وهذا لا يعني بالطبع أن الشمس سوف تظل كنجم مستقر لهذه الفترة الطويلة من الزمن، بل ستنتابها عدة تغييرات حتى تموت في النهاية كقزم أبيض خامد. وتأخذ الطاقة الناتجة في قلب الشمس، شكل فوتونات ضوئية مرتفعة الطاقة، وبدخول فوتون هذا النطاق المشع يمتصه جسيم-أيون أو إلكترون أو ذرة-وفي جزء من الثانية يتخلص الجسيم من الطاقة التي امتصها على شكل فوتون أو أكثر، ولكن أقل طاقة مما تم امتصاصه من قبل.

ينطلق الفوتون بسرعة الضوء بعد انبعاثه من الجسيم، وبالرغم من هذه السرعة الهائلة فانه لا يبتعد كثيرا، فسرعان ما يمتصه جسيم آخر ثم ينبعث ثانية على شكل فوتون أقل طاقة مما سبق. وبهذه الطريقة يمر كل فوتون من جسيم إلى آخر، وبذلك يمتص الفوتون ثم يشع تريليونات المرات، وفي أثناء ذلك يصل الفوتون عبر الطبقة المشعة إلى سطح الشمس، ولكن تقدمه بطئ جدا. ولقد اتضح من الحسابات الفلكية أن الفوتون لا يتحرك في المتوسط لأكثر من جزء من ألف من السنتيمتر، حتى يقتنصه جسيم آخر ويعيد إطلاقه. ونتيجة طبيعية لحركة الفوتونات العشوائية فإنها لا تنتقل جميعها باتجاه سطح الشمس، بل تنتشر في جميع الاتجاهات حتى

أن بعضها يود مرة أخرى إلى الداخل.

ولكن نظرا لان درجة حرارة قلب الشمس أعلى من درجة حرارة الطبقة المشعة للضوء، فان الفوتونات المنطلقة إلى الخارج تصبح في طاقتها، وتكون النتيجة الإجمالية انتقال الطاقة بعيدا عن قلب الشمس إلى أعلى الطبقة المشعة. وتتسرب الطاقة إلى سطح الشمس، وهي تتعرض لمقاومة تتمثل في انتقالها من جسيم إلى آخر وهي على هيئة فوتونات، وقد قدر العلماء أن الطاقة الناشئة في الطبقة الداخلية، يلزمها حوالي مليون سنة لكي تصل إلى الفوتوسفير. لذلك فان ضوء الشمس الذي يسقط على الأرض في الوقت الحاضر، ربما نشأ من قلب الشمس عندما كان الإنسان البدائي فوق كوكب الأرض، يهيم على وجهه لا هم له إلا إيجاد طعامه واستمرار نوعه.

## هل تموت الشمس؟

ما هي التغيرات التي يتوقع علماء الفلك حدوثها في الشمس، نتيجة للاستهلاك البطيء لوقودها الهيدروجيني؟.

قد يبدو للوهلة الأولى أن ذلك الاستهلاك لا بد مؤد إلى هبوط مستمر في إنتاج الطاقة فيها، فتذبل شمسنا ببطيء وتأخذ في البرودة والخفوت بمضي الزمن، ولكن أبحاث علماء الفلك أثبتت أن هذا لن يكون، وأن شمسنا يتزايد بريقها في الواقع كل يوم. ذلك أن سرعات التحولات النووية الحرارية لا تتوقف على مقدار العنصر المتفاعل فحسب (وهو الهيدروجين)، بل تتوقف كذلك على درجة الحرارة التي تسببت في التفاعل. فإذا فرضنا مثلا أنه رغم النقص في كمية الوقود الكلية قد حدثت زيادة في درجة الحرارة، فان البقية الباقية من الوقود «ستحترق» بشدة أكثر، وتبدو الشمس أكثر لمعانا مما لو كان «الفرن» الشمسي مملوءا بالوقود عن آخره. وفي أتون الشمس المستمر تختلف قدرة الغازات على امتصاص الإشعاع، فالهليوم (الذي يتكون في باطن الشمس نتيجة لاندماج الهيدروجين) أكثر قدرة على امتصاص الإشعاع من الهيدروجين الأصلي.. وبذلك تلاقي الطاقة المنطلقة من التفاعل الحراري النووي، صعوبات أكبر في طريقها نحو سطح الشمس.

وكلما زاد مقدار الهيدروجين الذي يتحول إلى هليوم، كلما قل سطوع

الطبقات المحيطة بباطن الشمس، ويترتب على ذلك تراكم الطاقة في الجزء المركزي للشمس، مما يؤدي إلى زيادة في درجة الحرارة وفي معدل إنتاج الطاقة. وتبين الحسابات الفلكية أن الإشعاع الشمسي آخذ في الازدياد، وأنه سيزيد ألف مرة عندما يوشك الهيدروجين على النفاذ. وأنه بتناقص كمية الهيدروجين الموجودة في الشمس، يتزايد نصف قطر الشمس بنسبة كبيرة ثم يأخذ بعد ذلك في التناقص بالتدريج.

وبدلا من أن تنتهي الحياة على الأرض بسبب البرودة الشديدة، الناتجة من نقص الطاقة الشمسية، نجد أن الحياة على الأرض مقدر لها الفناء بسبب الحرارة الهائلة، التي ستولدها الشمس عندما تقترب من ختام تطورها. فزيادة الإشعاع الشمسي بمعدل اكثر من الإشعاع الحالي مائة مرة، ستؤدي إلى رفع درجة الحرارة على سطح الأرض إلى درجة تزيد على درجة غليان الماء، فتغلى البحار والمحيطات، وان كان من المحتمل ألا تنصهر الصخور الصلبة المكونة للقشرة الأرضية.

ومن الصعب أن نتصور وجود كائن حي على سطح الأرض، في مثل هذه الظروف، وان كان من المحتمل أن يؤدي تقدم العلوم في هذا الوقت-الذي يفصل بيننا وبينه خمس بلايين من السنين-إلى إمكان حفر أنفاق وبيوت في باطن الأرض تكون مكيفة الهواء، حيث يمكن للإنسان أن يعيش فيها. وقد يجعل تقدم العلوم في الإمكان، إيجاد سبيل آخر لاستمرار الحياة رغم هذا الارتفاع في درجات الحرارة. ولكن ينبغي ألا يغيب عن بالنا أن التغيرات التي ستطرأ على الإشعاع الشمسي، ستكون غاية في البطء.

ويمكن أن يبين بالحساب الفلكي أن زيادة النشاط الشمسي، تؤدي إلى رفع درجة حرارة سطح الأرض ببطء بالغ إلى حد أن عصورا جيولوجية بأكملها قد انقضت، ولم تفقد خلالها الشمس إلا ما يقرب من واحد في المائة مما تحتويه من الهيدروجين. كما لم ترتفع درجة حرارة الأرض بأكثر من درجات معدودة. أن نتائج العمليات النووية الحرارية في الشمس، لن تأتي على شكل كارثة مفاجئة نكون في مستعدين لها، بل ستكون نتائج متوقعة ومعروفة قبل وقوعها بفترة طويلة.

وعندما تستهلك الشمس جميع ما بها من هيدروجين، فلن يبقى بها أي مصدر من مصادر الطاقة النووية، وبمجرد أن تفقد الشمس هذا المصدر،

الذي يحفظ عليها حرارتها عدة بلايين من السنين، فإنها تعود إلى توليد الحرارة عن طريق التقلص، ثم يقل الإشعاع الشمس رويدا رويدا حتى تقرب الشمس من نهايتها ثم تموت كقزم أبيض. كانت هذه قصة أحد النجوم متوسطة الحجم والقوة.. الشمس، وهي أقرب النجوم إلينا. ولننتقل الآن إلى مناقشة قصة بعض النجوم الأخرى الأكثر بعدا، في أعماق الفضاء السحيق.

## الفرق بين الكوكب والنجم

أن الكواكب والنجوم تبدو متشابهة في السماء، من حيث الرؤية بالعين المجردة فحسب. أما إذا نظرنا إليها من خلال تلسكوب قوي فالأمر جد مختلف، لأننا سنرى الكواكب بشيء من التفصيل، على حين أننا لن نرى أقرب النجوم إلينا-بعد الشمس-إلا نقطا مضيئة في السماء لا يكاد المرء يميز إحداها عن الأخرى. فما هو الفرق بين الكوكب والنجم؟.

نظرا لقرب الكواكب وبعد النجوم، ولان أحجامها تبدو للراصد متساوية، وجب أن نتعرف على الفروق الأساسية بين النجوم والكواكب.

- الحجم. حجم النجم عادة (باستثناء طائفة الأقزام البيضاء، فلما سيتضح في الفصل القادم) اكبر بكثير من حجم الكوكب ومثال ذلك أن أكبر كواكب المجموعة الشمسية-كوكب المشتري-قطره 138 ألف كم على حين أن قطر الشمس-وهي نجم متوسط-يبلغ مليون و 384 ألف كيلو متر.

- الإضاءة الذاتية. النجم فرن ذري اندماجي مستمر، ومن ثم فهو مضيء إضاءة ذاتية (أو ذاتي الإشعاع)، كنتيجة للتفاعلات الاندماجية الهيدروجينية النووية التي تحدث في داخله وتتولد عنها طاقته المشعة، أما الكوكب فجسم معتم بطبيعته، فليست هناك تفاعلات من أي نوع (حرارية أو نووية) على سطحه، وإذا رأيناه مضيئا فذلك لأنه يعكس ضوء الشمس أو أي ضوء من مصدر مشع. ويجب ألا يغيب عن أذهاننا، أن أرضنا كوكب، وعند رؤيتها من سطح القمر أو من على سطح أي كوكب آخر من كواكب المجموعة الشمسية، تبدو كما يبدو القمر، ولكن لونها يميل إلى الزرقة المتشحة بالبياض. أما إذا نظرت إلى الأرض من بعد أقرب نجم إلينا-بعد الشمس-بمنظار يضارع أبعد المناظير الفلكية الحالية مدى فلن تراها أبدا، بل

ستری الشمس نفسها نقطة صغيرة من ضياء، مثل آلاف النجوم التي تتألق كل ليلة في السماء. واستعار النجوم يرجع إلى كتلتها الهائلة، أما الكواكب والأقمار التي تدور في أفلاكها فمعتمة، لان كتلتها من الصغر بحيث أن الضغط والحرارة في بواطنها غير كافيين لإنتاج التفاعل النووي، الذي يؤدي إلى التحام الذرات وتأينها، وهو ما يعبر عنه بالاصطدام في خط مستقيم Head-On Collision، والذي ينتج عنه عمليات التحويل العنصري (أي التحويل من عنصر إلى آخر، مثل تحويل الهيدروجين إلى هليوم)، عن طريق تفاعل البروتون-بروتون كما يحدث في الشمس مثلا. وأبعاد النجوم قضية لا بد من وعيها وعيا دقيقا إذا أردنا أن تكون الصورة التي نكونها عن الكون، دقيقة بعض الشيء. فالمسافة بيننا وبين أقرب نجم منا-بعد الشمس- وهو النجم أ. قنطورس، تزيد من المسافة التي بيننا وبين أبعد كواكب المجموعة الشمسية (بلوتو) نحو سبعة آلاف مرة. وكل المعلومات التي نجمعها عن تلك النجوم البعيدة، نحصل عليها عن طريق تحليل أطيافها وباستخدام علم الفلك الراديوي.

ونظرا للبعد الهائل للنجوم، فان المقاييس التي اعتدنا عليها فوق الأرض للأبعاد الطولية، سواء بالميل أو بالكيلو متر، لا تصلح في قياس تلك الأبعاد السحيقة لهذه النجوم. ولذا فقد ابتكر العلماء وحدة ملائمة، لقياس أبعاد النجوم هي ما يسميه علماء الفلك (السنة الضوئية) Light Year، فمن المعروف أن سرعة الضوء 300 ألف كيلو متر في الثانية، فلو فرضنا أن شعاعا من الضوء صدر من جسم معين فانه خلال سنة زمنية كاملة يقطع بهذه السرعة مسافة تعادل: المسافة = 365 يوما x 24 ساعة x 60 دقيقة x 60 ثانية x 300 ألف كيلو متر.

=365 x 24 x 60 x 60 x 300000

= حوالي 10 مليون مليون كيلو متر.

وتكتب $10^{12}$ (أي رقم 10 وأمامه 12 صفرا)

فمعنى ذلك أنه خلال سنة ضوئية يقطع شعاع الضوء حوالي 10 مليون مليون كيلو متر في الفضاء. ولذا فان هذه الوحدة القياسية للمسافات الشاسعة، يستعاض بها عن وحدات القياس المحدودة التي تستخدم فوق الأرض.

وظاهر التسمية أنها وحدة زمنية، ولكن في حقيقة الأمر هي وحدة طولية لقياس مسافة في الفضاء.

ولعل مدى ملاءمتها للغرض تتضح إذا عرفنا أن اقرب النجوم إلينا-بعد الشمس-وهو النجم أ. قنطورس، يقع على مسافة 2ر4 سنة ضوئية. فإذا شئنا أن نحول هذه الوحدة إلى كيلو مترات، لنتصور هذا البعد بالمقارنة ببعد الشمس مثلا، نجد انه يعادل:

$4,2 \times 10^{12}$

= 24 مليون مليون كيلو متر

فمعنى ذلك أن بُعد نجم أ. قنطورس، يزيد عن بعد الشمس عنا بثلاثمائة ألف مرة. وهناك من النجوم سحيقة البعد، التي يصل إلينا ضوءها في آلاف السنين الضوئية وربما أكثر.

**طوائف النجوم** Classes of Stars

ليست النجوم متشابهة تماما tاي الحجم ودرجة النشاط ولذا قسمت إلى طوائف:

- **النجوم فوق العملاقة** Super Giants

ويطلق عليها بعض الفلكيين اسم (العمالقة العليا) أو (المردة الكبرى)، وهي أكبر النجوم حجما، كما أنها أكبر الوحدات الكونية المفردة المعروفة لنا حتى الوقت الحاضر، وهي حمراء اللون وتعتبر من اقل النجوم حرارة بوجه عام، وبعضها يتسع في حجمه بحيث يستطيع أن يحتوي في باطنه على أكثر من 30 مليون نجم في حجم الشمس، التي تتسع بدورها لأكثر من مليون كوكب مثل كوكب الأرض.

ويزيد ضوء بعض النجوم فوق العملاقة، آلاف المرات على ضوء الشمس، ويبلغ قطر البعض منها ستة آلاف مليون كيلو متر، ومن أمثلة هذا النوع من النجوم إبط الجوزاء.

- **النجوم العملاقة** Giants

وهي اقل حجما من النوع السابق، كما أنها حمراء مثلها ولذلك كثيرا ما يطلق عليها اسم العمالقة الحمر Red Giants أو المردة الحمر، ويبلغ متوسط أقطارها نحو 29 مليون كيلو متر ومن أمثلتها نجم العيوق.

- **نجوم التتابع الرئيسي** Main Sequence

وهي تسمى أيضا النجوم المتوسطة أو نجوم المنظومة الرئيسية، وهي أقل حجما من العمالقة الحمر، ومنها نجمنا الشمس، وهي نجوم متقاربة في صفاتها من حيث اللون واللمعان والحجم. وهذه المجموعة من النجوم تكون الأغلبية العظمى في السماء، إذ تبلغ حوالي 80٪ من مجموع النجوم كلها، وإذا أخذنا شمسنا مثالا لهذه الطائفة من النجوم، استطعنا أن نقول أن أقطارها تبلغ حوالي مليون و 360 ألف كيلو متر في المتوسط.

## النجوم الأقزام Dwarfs

وتسمى غالبا الأقزام البيضاء White Dwarfs، وهي أصغر النجوم حجما وأكثرها كثافة، ولا تتجاوز أقطار بعضها 6 آلاف كيلو متر، ولكن العجيب في أمرها أن كتلتها مركزة تركيزا هائلا، وأن كثافتها تقدر بمليون مرة قدر كثافة الماء، ومن أمثلتها نجم الشعرى اليمانية ب.

## أقدار النجوم Star Magnitudes

تتفاوت درجة لمعان النجوم في السماء للناظر إليها من الأرض، ولان عامل البعد عن كوكب الأرض يؤثر في درجة هذا اللمعان، فالنجوم القريبة منا ربما تبدو اكثر لمعانا من البعيدة عنا. وعلى العكس، فالنجوم البعيدة يضعف لمعانها لكبر المسافة بيننا وبينها.

أن المصطلح المستخدم في تقدير بريق النجوم أو شدة لمعانها يسمى قدر النجوم، وقد اتفق علماء الفلك على تقسيم النجوم-التي يمكن رؤيتها سواء بالعين المجردة أو بالتلسكوب-إلى 23 قدرا، ونحن لا نستطيع أن نرى بالعين المجردة إلا النجوم التي تنتمي إلى القدر السادس فقط. فأقل النجوم خفوتا-والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة-تعتبر من القدر السادس، أما التي من القدر الخامس، فيزيد لمعانها عنها بمرتين ونصف تقريبا، والتي من القدر الرابع اشد لمعانا من سابقتها في القدر بمرتين ونصف أيضا وهكذا.

وبذلك يمكن تقسيم أقدار النجوم على النحو التالي:

| قدر النجم | نسبة اللمعان |
|---|---|
| القدر الأول | 100 , 00 |

| | |
|---|---|
| القدر الثاني | 39,80 |
| القدر الثالث | 15,85 |
| القدر الرابع | 6,31 |
| القدر الخامس | 2,51 |
| القدر السادس | 1,00 |

ويتضح من هذا الجدول أن النجوم التي من قدر معين، تزيد لمعانا عن نجوم القدر التالي بحوالي 2,5 مرة. فنجوم القدر الأول تزيد 1000 مرة في اللمعان عن نجوم القدر السادس، أي أنه كلما قل القدر زاد اللمعان. وبنفس هذا المقياس نجد أن قدر الشمس كنجم هو (-26,7)، ونجوم الأقدار السالبة أكثر لمعانا من نجوم الأقدار الموجبة، كما أن نجوم القدر (صفر) أشد لمعانا من نجوم القدر الأول.

ولكي يلغي علماء الفلك عامل بعد النجوم عنا، فقد تخيلوا أن النجوم جميعا مصطفة على مسافة واحدة هي 10 بارسك (البارسك وحدة فلكية = 3,26 سنة ضوئية)، وقارنوا في هذا الوضع التخيلي بين درجات تألقها. ويطلق على درجة اللمعان عند المسافة المذكورة، اسم القدر المطلق Absolute Magnitude.

ولا تحدد الأقدار المطلقة للنجوم وفقا للمعانها المرئي لنا من سطح الأرض، فقد يبدو النجم للعين خافتا وهو في حقيقة الأمر، شديد اللمعان ولكنه يبعد عنا بعدا شاسعا. لذلك يجب أن نفرق بين أقدار النجوم وبين التماعها، أي بريقها بالنسبة للراصد من سطح الأرض، فنجم الشمس أكثر الأجرام الفضائية التماعا لنا، ومع ذلك فالنجم فوق العملاق إبط الجوزاء، يزيد لمعانه عن لمعان الشمس 3600 مرة، ولكنه يبدو نجما عاديا في السماء. والسبب في ذلك يرجع إلى أن النجم إبط الجوزاء يبعد عنا 300 سنة ضوئية، على حين أن الشمس تبعد عنا 8 دقائق ضوئية فقط.

## حرارة النجوم

يتعين علينا في دراسة الخواص الطبيعية للنجوم أن نعرف-إلى جانب لمعانها المطلق-التركيب الطبيعي لضوئها الذي تشعه، حتى يتسنى لنا تعيين درجة حرارة هذه الأجسام النائية.

ولحسن الحق هناك خواص مميزة عديدة للإشعاع الذي تشعه الأجسام الساخنة، وهذه الخواص تمكننا من تقدير درجات حرارة النجوم حتى ولو لم يعرف لمعانها السطحي. فمن المعروف أن الأجسام حينما تزداد حرارتها باضطراد تبدأ بإطلاق إشعاع أحمر نوعا ما ثم يتغير لون الإشعاع إلى الأصفر فالأبيض، وأخيرا يصبح الإشعاع أزرق بازدياد درجة الحرارة.

وهذه التغيرات في لون الضوء المشع ترجع إلى تغييرات نسبية في شدة الأجزاء المختلفة من طيف الإشعاع، نتيجة لتغير درجة الحرارة. فتتحول النهاية العظمى للضوء المشع تدريجيا من الجزء الأزرق منه، كلما ارتفعت درجة الحرارة. وهكذا يمكننا بمقارنة لون الضوء الذي تشعه النجوم المختلفة، تكوين فكرة عن درجات الحرارة النسبية لاسطحها.

إن اختلاف ألوان النجوم يشاهد بالعين المجردة ولكن بصعوبة بالغة، لان جو الأرض يمتص الإشعاعات من كلا جانبي الطيف المرئي. فاللونان الأحمر والأزرق يصيبهما تخفيف، مما يقوي اللون الأبيض. وفي عهد غزو الفضاء كشفت السماء عن وجهها الحقيقي، ودهش رواد الفضاء من منظر النجوم متعددة الألوان التي تبرز في سماء سوداء، حتى في وضح النهار. ويحلم علماء الفلك بتلسكوب هائل خارج نطاق غلافنا الجوي، يدرسون به بإمعان هذه النجوم وغيرها من الظواهر الفلكية.

وقد تم ترتيب النجوم في نظام خاص يسمى بالتتابع الطيفي، يعتمد في التقسيم على خواصها الطيفية، وهذه الخواص بدورها تنبئ عن درجات الحرارة السائدة في هذه النجوم. وقد رمز للأنواع الطيفية بالحروف اللاتينية. O B A F G K M N وكل حرف منها يدل على مركبة معينة متميزة من النجوم، يمكن تعيينها من طيفها بسهولة. ويدل الحرف الأول من اليسار (O) على أكثر النجوم سخونة، أما الحرف N فيرمز إلى أبرد نجم.

وكل من هذه الحروف ينقسم بدوره إلى مجموعات فرعية، يرمز لها بأعداد من صفر إلى 9، وتكتب بالإنجليزية إلى يمين الرمز الطيفي. فالنجم K9 مثلا، هو أبرد نجم في النوع الطيفي K وهو في نفس الوقت اسخن من نجم Mo، وبالتالي فان نجما نوعه الطيفي Mo أكثر سخونة من نجم نوعه الطيفي N وللإيضاح نقدم فيما يلي جدولا يبين تصنيفا للنجوم حسب نوعها الطيفي:

| النوع الطيفي | حرارة الطبقة الضوئية (فهرنهيت) | لون النجم |
|---|---|---|
| O | 100000 | أزرق |
| B | 45000 | أزرق باهت |
| A | 20000 | أبيض مائل للزرقة |
| F | 13000 | أبيض |
| G | 11000 | أصفر |
| K | 9000 | برتقالي باهت |
| M | 6000 | برتقالي |
| N | 4000 | حمراء |

وتنتمي الشمس إلى النوع الطيفي G2 وتوجد تقريبا في منتصف التقسيم النجمي، ويبلغ لمعان أقوى نجم معروف مليون مرة قدر لمعان الشمس، كما أن أقل النجوم لمعانا يبلغ مليون مرة أخفت من الشمس. إن لون النجم ينبئ عن درجة حرارة سطحه المشع، فأكثرها حرارة هي النجوم الزرقاء والبيضاء المائلة للزرقة ثم النجوم البيضاء الخالصة أما النجوم البيضاء المائلة للصفرة فأقل حرارة من الأنواع السابقة، وتليها في درجة الحرارة النجوم برتقالية اللون ثم تأتي في النهاية النجوم الحمر، التي تعتبر اقل النجوم جميعا حرارة. وكل درجات الحرارة السابقة تتعلق بأسطح النجوم، أما بواطنها فتصل درجات الحرارة فيها إلى ملايين الدرجات.

## التتابع الرئيسي

إن معظم النجوم في السماء يطلق عليها اسم التتابع الرئيسي، ومنها شمسنا. وهذه النجوم تقاوم العوامل التي تؤدي إلى تقلصها، عن طريق استهلاك وقودها من الهيدروجين في داخلها. والعامل الحرج الذي يمكن أن يفرق بين النجوم المختلفة في خط التتابع الرئيسي هو الكتلة. فبعض النجوم مثل الشعري اليمانية، وهو من النجوم الباهرة في السماء، ويعادل 2,2 من كتلة الشمس، وهو أشد حرارة ومن ثم ضوءا من الشمس، فيعادل لمعانه 21 مرة لمعان الشمس.

إن سطوع النجم في خط التتابع الرئيسي يعتمد على كتلته، ففي نجم

هائل مثل الشعري اليمانية نجد أن قلبه يتحمل ثقل غلافه الخارجي، عن طريق الاحتفاظ بضغط شديد ينتج عن الحرارة المستمرة في باطنه، وكنتيجة لهذا فان النجم يحتفظ بطاقة حرارية أكثر من التي تتسرب إلى الفضاء، ومن ثم يضيء بشكل باهر. وعلى الفرن الذري داخل النجم أن يتأجج حتى يتمكن من تعويض الطاقة المتسربة إلى الخارج، ويكون في باطن النجم مجموعة من التفاعلات النووية فائقة السرعة.

أما في نجوم التتابع الرئيسي الأقل كتلة، فان باطنها يكون أقل حرارة حيث أن ثقل الغلاف الخارجي، المطلوب الاحتفاظ به، أقل عبئا ومن ثم فالضغط أقل والحرارة أكثر انخفاضا، وتكون التفاعلات النووية أكثر بطء والطاقة الحرارية المتسربة للخارج أقل، وهكذا فالنجم يشع كمية أقل من الضوء. وهذه الصورة لنجوم التتابع الرئيسي المختلفة في الكتلة ودرجة اللمعان والحرارة، لا تبين بشكل واضح القصة الكاملة لتطور النجوم منذ الميلاد وحتى الموت. فالنجوم توجد على خط التتابع الرئيسي طالما تكون قادرة على استهلاك وقودها من الهيدروجين في باطنها، وعاجلا أم آجلا، ومع تحول الهيدروجين في داخل النجم إلى هليوم في المناطق المركزية، فان الأمر سينتهي بنفاذ الوقود الهيدروجيني من داخل النجم. وهنا يختلف ما يحدث للنجوم، فالنجوم ذات الكتلة الضخمة والتي تتميز بالتفاعلات النووية السريعة، سينتهي وقودها الهيدروجيني بأسرع من نجوم أخرى كتلتها أقل. فالشمس-على سبيل المثال-ستبقى في خط التتابع الرئيسي لمدة خمسة بلايين سنة (أي خمسة آلاف مليون سنة)-أما نجم الشعرى اليمانية-وهو كما بينا نجم أضخم من الشمس حوالي مرتين ونصف-فسيغادر خط التتابع الرئيسي إلى مرحلة أخرى، بعد 1,5 بليون سنة فقط.

وكان أول من لاحظ الفرق بين اللمعان ودرجة الحرارة هو الفلكي الدانمركي هيراتسبرانج والفلكي الأمريكي رسل. وقد قام رسل في عام 1913 بترتيب كل النجوم المعروفة في شكل بياني خاص، فوضع كل نجم على بعد معين من طرف الصفحة بناء على درجة حرارته والنوع الطيفي، وعلى ارتفاع معين من طرف الصفحة بناء على قدره المطلق.

وحيث أن اللمعان الحقيقي يعتمد على كل من درجة الحرارة والحجم، فان إدراج النجوم على شكل يمثل فيه اللمعان الحقيقي المحور العمودي

والنوع الطيفي المحور الأفقي، يعطينا فكرة عن أحجام النجوم. فإذا تساوت درجتا حرارة نجمين (أي إذا تساوى نوعاهما الطيفي)، واختلف حجماهما كان النجم الأصغر موجودا في الشكل إلى الأسفل من النجم الأكبر، لما للأول من مساحة سطح صغيرة نسبيا، وبالتالي فان لمعانه منخفض عن الآخر. وبنفس الطريقة نجد انه إذا تساوى لمعان نجمين، واختلف نوعاهما الطيفيان، فان النجم الأكبر هو الأبرد.

وقد دهش رسل عندما وجد أن آلافا عديدة من النجوم التي حددها على الشكل السابق، وقعت ضمن خط صغير هو التتابع الرئيسي. وإذا بدراسة آلاف النجوم تعطينا نقاطا منظمة مرتبة، وإذا بالفوضى في الرصد تعطينا في جمهرة النجوم تنظيما، واتضح أن الشمس عضو في هذه المجموعة وتقع في النصف الأسفل من التتابع الرئيسي. ويتضح من شكل هـ-ر H-R (وهو اختصار لكلمتي هيراتسبرانج-رسل)، أن معظم النجوم تقع في الشكل على شريط يمتد من أعلى الركن الأيسر، حيث توجد أكثر النجوم سخونة وأشدها لمعانا، حتى أسفل الركن الأيمن حيث توجد أبرد النجوم وأخفتها ضوءا، وهذا هو شريط التتابع الرئيسي، ويشمل معظم النجوم كما ذكرنا. وهناك بعض النجوم التي لا يناسبها التتابع الرئيسي، ومن هذه النجوم نوع بارد وبرغم ذلك فلمعانه كبير، وبالتالي فلا بد من وضع هذه النجوم في الركن الأيمن الأعلى من الشكل هـ-ر، هذه هي النجوم فوق العمالقة وتحتها مباشرة توجد العمالقة، والى أسفل في الركن الأيسر توجد مجموعة من النجوم اقل لمعانا ولها درجات حرارة عالية نسبيا وحجمها صغير للغاية، ولونها يميل للأبيض ومن ثم أطلق عليها الأقزام البيضاء. وهي في واقع الأمر نجوم متقلصة لان التفاعلات النووية التي تتم في قلوبها قد توقفت أو كادت، ولم يعد فيها من الطاقة ما يقاوم سحق الجاذبية، أنها نجوم تحتضر.

وقد اتضح لعلماء الفلك أنه بعد ميلاد النجم يتحرك إلى خط التتابع الرئيسي، ويبقى هناك لفترة من الزمن (ملايين السنين) كنجم مستقر. وبعد أن يستنفذ ما به من وقود، يترك خط التتابع الرئيسي ليصبح عملاقا ثم يتحول إلى قزم أبيض بعد أن يمر بعدة مراحل تطور أخرى. إن قصة حياة النجوم منذ ميلادها وحتى وفاتها، من أغرب القصص في الكون

وتتجاوز كل تصور بشري.

فإذا قارنا بين نجوم التتابع الرئيسي والعمالقة والأقزام البيضاء، لوجدنا أنه يوجد حوالي 100 نجم على خط التتابع الرئيسي في مقابل كل قزم أبيض. وربما حوالي عشرة آلاف نجم على التتابع الرئيسي في مقابل كل عملاق من النجوم. وهناك نوع آخر من النجوم الباردة لا يظهر على شكل هـ-ر، وهي النجوم تحت الحمراء Infera Red Stars. وبالرغم من قوة الدليل على وجود مثل هذه النجوم، إلا أنه لا يوجد ما يثبت ذلك يقينا حتى الوقت الحاضر، وإذا كانت هذه النجوم موجودة فان عددها يمكن أن يكون معقولا. وقد وجد العلماء-من الناحية النظرية-أن هذه النجوم تشع في النطاق تحت الأحمر، الذي لا يمكن رؤيته بالعين البشرية.

**تقسيم الجمهرات** Stars Populations

خلال شتاء1941-1942، قام العالم والتر بادي Walter Baade بتصوير مجرة المرأة المسلسلة Andromeda، بلوحات تصويرية حساسة على الضوء الأحمر. فاسترعى انتباهه اختلاف النجوم المؤلفة لأذرع المجرة، والنجوم الموجودة في المركز وفي المناطق الكائنة بين الأذرع. مما حمله على التفريق بين نوعين من نجوم المجرة.

لقد اضطر علماء الفلك إلى الاكتفاء في مجرتنا بمراقبة النجوم القريبة من الشمس، وظنوا أنهم وجدوا فيها عينة تمثل نجوم الكون. ولكن بعد إجراء عدة مقارنات، اتضح خطأ وجهة النظر هذه، إذ تظهر فروق واضحة في التركيب في بعض النجوم متساوية الكتل والأعمار، ومن ثم نشأ المفهوم الجديد.. مفهوم السكان أو الجمهرة Population. ويتفق الفلكيون على أن النجوم المجاورة للشمس-وهي أقدم النجوم عهدا بالدراسة-تمثل جمهرة رقم 1.

وجمعت النجوم التي لها مميزات مختلفة في جمهرة ثانية، وهي تؤلف بصورة خاصة التكتلات الكروية. ويطلق علماء الفلك اسم التكتلات الكروية على الحشود النجمية Clusters التي تلاحظ على أبعاد تتراوح بين ألف و 200 ألف سنة ضوئية، وتحتوي على عدد هائل من النجوم قد يبلغ عددها في الحشد الواحد عشرات الألوف وأحيانا مئات الألوف. ويرى الحشد

النجمي على شكل بقعة لامعة مثل النجم، ولا بد من تلسكوب قوي لفصل هذا التكتل إلى أجزائه، فيرى فيه الإنسان عندئذ تكثيفا مدهشا للنجوم.

أثناء رصد نجوم المجرة، اتضح للعالم بادي أنه في الأذرع الحلزونية للمجرة يوجد المديد من العمالقة الزرق وعدد قليل من العمالقة الحمر، أما في قلب المجرة فقد وجد أن المع النجوم عمالقة حمر، ولا وجود للعمالقة الزرق. علل بادي هذا الأمر، بوجود جمهرتين نجميتين مختلفتين. وبذلك أطلق على النجوم الزرق في أذرع المجرة وما حولها اسم الجمهرة الأولى، وعلى النجوم الحمر في قلب المجرة اسم الجمهرة الثانية. واعتقد بادي- ويبدو أن هذا صحيحا-بأن نجوم الجمهرة الأولى أقل عمرا، وأنها قد تكونت من الغاز الموجود في الأذرع الحلزونية الممتلئة بالغبار الكوني. أما نجوم الجمهرة الثانية فهي أكبر سنا ونشأت من الغاز الموجود في قلب المجرة، والخالي نسبيا من الغبار الكوني. وفي الدراسات الفلكية الحديثة، تم تقسيم جمهرتي بادي إلى خمس جمهرات، وهي مرتبة من الأصغر إلى الأكبر سنا، كما يلي:

- **الجمرة الأولى المتطرفة**: وتشمل النجوم التي لا يزيد عمرها عن بليون سنة، وتحت هذه الجمهرة تندرج النجوم من النوع الطيفي (O) ونجوم (B) الساخنة. وأربعة في المائة من مادة هذه النجوم عبارة عن عناصر ثقيلة أي عناصر أثقل من الهيدروجين والهليوم.

- **الجمهرة الأولى البينية**: وتشمل النجوم التي يتراوح أعمارها بين بليون سنة وثلاثة بلايين سنة، وثلاثة في المائة من مادة هذه النجوم مكونة من عناصر ثقيلة. وتنطوي الحشود النجمية المسنة تحت هذه الجمهرة.

- **جمهرة القرص**: وهي النجوم التي تتراوح أعمارها بين ثلاثة وخمس بلايين سنة، وتتكون مادتها من اثنين في المائة عناصر ثقيلة. وتقع شمسنا ضمن هذه المجموعة.

- **الجمهرة الثانية البينية**: وتشمل نجوما تتراوح أعمارها من خمسة إلى ستة بلايين سنة، وتتكون مادتها من واحد في المائة عناصر ثقيلة. وتحت هذه المجموعة، يوجد عدد من النجوم ذات سرعات عالية تصل إلى 150 كيلو متر في الثانية.

- **الجمهرة الثانية المتطرفة**: وتشمل النجوم التي يتراوح عمرها بين

سنة إلى سنة ونصف بليون سنة، وتحتوي مادتها على 3ر في المائة عناصر ثقيلة.. وتعتبر الحشود النجمية التي توجد في أرجاء مجرتنا مثالا لهذه المجموعة.

وبهذا التقسيم للجمهرات، اتضح أيضا أن النجوم الأصغر سنا تحتوي على نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة (أي الأثقل من الهيدروجين والهليوم). ويبدو أن هذا دليل على أن الغبار والغاز الكوني، اللذين تنشأ منهما النجوم الحديثة، غنيان بالعناصر الثقيلة. فالنجم يولد من المادة المتاحة لتكوينه، والمادة التي نشأت منها النجوم المسنة لا بد وأن تكون فقرة في العناصر الثقيلة. واحد الأسباب لذلك، أنه في وقت نشأة هذه النجوم القديمة، كانت معظم المادة الموجودة عبارة عن غاز مكون في الغالب من هيدروجين وهليوم، وبزيادة عدد النجوم التي تكونت نقصت كمية الغاز.

ولكن النجوم-بعد نشأتها-أخذت في إعطاء بعض مادتها إلى الفضاء المحيط بها، بحيث تعوض بهذا بعض المادة غير النجمية التي تم استهلاكها في تكوين النجم. ويعتقد علماء الفلك، أن عددا كبيرا من النجوم قد قذفت في الفضاء ببعض العناصر الثقيلة التي بنيت في داخلها، فازدادت نسبة العناصر الثقيلة في الغاز الكوني بين النجوم.

ونتيجة لذلك فان النجوم الناشئة من غاز الجيل الثاني، لمادة ما بين النجوم، قد أتيح لها نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة. فقبل نشأة أي نجم، كانت المجرة مكونة من غاز مائة في المائة تقريبا، أما في الوقت الحاضر فان أكبر تقدير لنسبة الغاز الكوني هو 10٪ من كل الكتلة في المجرة. إلا أن وجود النجوم سوف يستمر في تزويد غاز وغبار مادة ما بين النجوم، بحيث تمضي فترات طويلة جدا من الزمن، قبل أن ينضب معين هذه المادة، وتتوقف نشأة النجوم في الكون.

## النجوم المتغيرة

هناك ظاهرة غريبة تحدث لبعض النجوم، فتبدو غير ثابتة على حال لا من حيث الضوء ولا من حيث الحجم أيضا. ومن هذه النجوم النوع المسمى بالمتغيرات القيفاوية Copheid Variables، وقد استمدت هذه التسمية من مجموعة القيفاوس التي اكتشف أول نجم من هذا النوع فيها.

وتتميز هذه النجوم بأن حجمها-ومن ثم ضوءها-يصغر ويكبر، ويقل ويكثر، في شبه حلقة دورية منتظمة. ويرجح علماء الفلك أن السبب في ذلك، وجود قوتين متضادتين في هذه النجوم. الأولى: تشد أطراف النجم إلى الداخل، وهي الجاذبية. أما الأخرى: فتعمل في الاتجاه العكسي (أي إلى الخارج) وهي الضغط الهائل داخل النجم. ففي الحالة الأولى ينكمش النجم وفي الأخرى ينتفخ. والمتغيرات القيفاوية، عمالقة من الأنواع الطيفية K, G, F وهي تحتل بقعة صغيرة من شكل (هراسبرانج-رسل). ومعظم النجوم في هذه البقعة هي القيفاوية، وهي توجد في بقعة قليلة الكثافة بالنجوم، ولهذا فهي نوع نادر.

ولو كانت الشمس من المتغيرات القيفاوية، لكانت حرارة الفوتوسفير تتغير آلافا عديدة من الدرجات كل أسبوع، ولكانت الحياة على الأرض شبه مستحيلة. وهناك نجم من المتغيرات القيفاوية اسمه ميرا Mira في مجموعة قيطس Cetus، وهو يشرق مدة شهرين كنجم من القدر الثالث، ثم يختفي عن العين المجردة، مع أننا نستمر في رؤيته بالتلسكوب ولكنه يتغير في القدر حتى القدر العاشر. ويظل خافتا عدة أسابيع، ثم يزيد لمعانه مرة أخرى ليعود إلى القدر الثالث وهكذا.

والواقع أن معظم النجوم العمالقة من مرتبة M ومرتبة N، هي نجوم متغيرة ومن ذوات الفترة الطويلة. والتغير في اللمعان قد يكون نصف قدر فقط، وقد يصل إلى تغيرا يبلغ سبعة أقدار في المتغيرات ذات الفترة الطويلة. وقد وجد علماء الفلك في أثناء انخفاض اللمعان في المتغيرات القيفاوية إلى حدها الأدنى، خطوط امتصاص من ذرات الكربون، وهذه الظاهرة تعطينا جزئيا عن خفوت النجم الشديد، فإذ يبرد النجم تتكاثف ذرات الكربون في جوه، حاجبة بعض الضوء الذي يبعث به.

ويرى بعض العلماء أن التألق الفجائي في المتغيرات، مسبب عن غيوم من الغبار تقع على فوتوسفير النجم. إن نجوم من مرتبة N M خافتة باردة نسبيا، وضغط أشعة ضوئها قليل، فحينما يتحرك النجم من هذا النوع في منطقة بها غبار كوني، يمتص جزءا من مادة هذا الغبار الكوني بالجاذبية. ومن الناحية الأخرى، فان النجوم اللامعة من الأنواع الطيفية ما بين K و O حارة وتشع كمية كبيرة من الضوء. وفي هذا الضوء من القوة ما يكفي

للمحافظة على ضغط إشعاعي، يدفع الغبار الكوني ويمنعه بالضغط عليه من الوقوع على سطح النجم.

والى اليمين قليلا من خط التتابع الرئيسي، نجد نوعا نادرا جدا من النجوم يدعى متغيرات الثور T Tauri Variables وأنواعها الطيفية عادة, N,M,K والنجم منها أشد قليلا في اللمعان من مثيله على التتابع الرئيسي. وضوء هذه النجوم يتغير تغيرا شاذا، ويعتقد علماء الفلك بأنها نجوم حديثة وغير مستقرة، متكونة في السحب وأن التغيرات موجودة فقد لان هذه النجوم لا تزال في عملية التقلص، في طريقها إلى خط التتابع الرئيسي. وفي مجرتنا نجد المتغيرات القيفاوية متناثرة، ولا يوجد أحد منها بالقرب منا. ويبلغ عدد المتغيرات المعروفة في مجرتنا حوالي 20 ألف نجم تنتمي إلى نوع أو آخر منها. أما في سحابة ماجلان الصغرى، فان معظم النجوم المتغيرة عبارة عن قيفاويات وتمثل نسبة كبيرة من المجموع، برغم أنها تعتبر مجرة صغيرة إذا قورنت بمجرتنا.

ومن الواضح أن المتغيرات القيفاوية لا تعاني في بريقها وخفوتها فقط من اختلاف في اللمعان، بل أيضا من تغيير طيفي تتذبذب معه الخطوة حول موضع متوسط. ويفسر هذا بإزاحة دوبلر، ففي الوقت الذي يتمدد فيه النجم يأخذ سطحه في الاقتراب منا فتنزاح الخطوط الطيفية إلى الناحية الزرقاء، وفي أثناء انكماش النجم مرة أخرى، يتحرك سطحه مبتعدا عنا فتنزاح الخطوط الطيفية إلى الناحية الحمراء من الطيف.

## النجوم المتفجرة (النوفا) Nova

إن التطورات في حياة النجوم بطيئة للغاية، وذلك بالقياس بأعمارنا وتتطلب ملاحظتها ملايين السنين. فلو طبقنا ذلك على شمسنا لوجدنا أن الزيادة المضطردة في حرارة الشمس، ثم انكماشها النهائي الذي يعقب حالة اللمعان القصوى، تعتبر عند سكان الأرض من الأمور التي ليست لها إلا أهمية نظرية بحتة لطول المدة التي يستغرقها هذا التطور. غير أن الأرصاد الفلكية تكشف عن وجود كوارث، تؤدي إلى تغير كامل في حالة النجم خلال بضعة أيام فقط أو حتى بضع ساعات. فقد يحدث فجأة، وبغير سابق إنذار-أن ينفجر النجم بشدة، ويزيد لمعانه عن لمعانه العادي

آلاف المرات، وفي بعض الحالات ملايين المرات. ومثل هذه النجوم، التي تكون قبل انفجارها خافتة الضياء لا تلفت النظر، تصبح فجأة من النجوم اللامعة في السماء فتجذب اهتمام علماء الفلك.

وعلى كل حال لا تستمر طويلا حالة اللمعان الشديد هذه، فبعد أن يصل النجم المتفجر بسرعة إلى أقصى لمعانه، يأخذ ضوءه في الخفوت تدريجيا راجعا إلى لمعانه الأصلي في غضون سنة أو نحو ذلك.

ولم يكن من الميسور قبل اختراع التلسكوب، أن نشاهد بالعين المجردة الحالة الأصلية التي كانت عليها هذه النجوم قبل انفجارها، ومن ثم أطلقوا عليها اسم النجوم الجديدة Nova لأنهم كانوا يظنون أنها نجوم نشأت حديثا. وقبل أن يتحول النجم إلى متفجر (نوفا)، يكون قزما ابيض لا يكبر قطر كوكب المشتري إلا قليلا، ويتم التحول في بضع ساعات. فيبدأ فوتوسفير النجم في التمدد ويتحرك غلاف حار من الغاز إلى الخارج بسرعة ألف وخمسمائة كيلو متر في الثانية. وسبب اللمعان الزائد هو هذا الغلاف المتمدد، وإذا يندفع الغاز الحار إلى الفضاء، يصدر خطوطا لامعة في الطيف، هي الخطوط التي يتميز بها الهيدروجين. وبعد يوم، أو ما يقرب من يوم، يبدأ الغلاف الغازي بالبرودة، ويقل إرسال الضوء اللامع، وفي النهاية يختفي الغلاف الغازي عن الأنظار، مع انه يستمر في الانتشار في الفضاء، ويعود النجم إلى حالته الأصلية.

النوفا إذن تنفجر وتقذف في الفضاء بجزء من مادتها، ثم تنكمش بعد ذلك إلى حجمها السابق، وفي معظم الحالات تنفجر هذه النجوم ثانية، ويتم هذا في بعضها على فترات منتظمة. إن الزيادة في لمعان النوفا تحدث غالبا بصورة مفاجئة، وفي بعض الأحيان يستغرق ذلك بضع ساعات فقط، أما نقص اللمعان فيتم تدريجيا ولو أنه لا يخضع لقاعدة خاصة.

ولا يتم التمدد الفجائي للنوفا كخطوة واحدة قبل عملية الانفجار، فيبدو أن أكثر من طبقة من طبقات النجم تقذف إلى الفضاء، وفي بعض الأحيان تنطلق عدة طبقات الواحدة تلو الأخرى، وكل واحدة تتمدد بسرعة أكبر من سابقتها، والمتوقع أن تلحق كل الطبقات ببعضها وبالطبقة القائدة. ولا يبدو أن أول زيادة في لمعان النوفا يأتي كنتيجة لارتفاع درجة الحرارة، ولكن من زيادة مساحة الإشعاع بفعل الطبقة الغازية المتمددة إلى ما يعادل

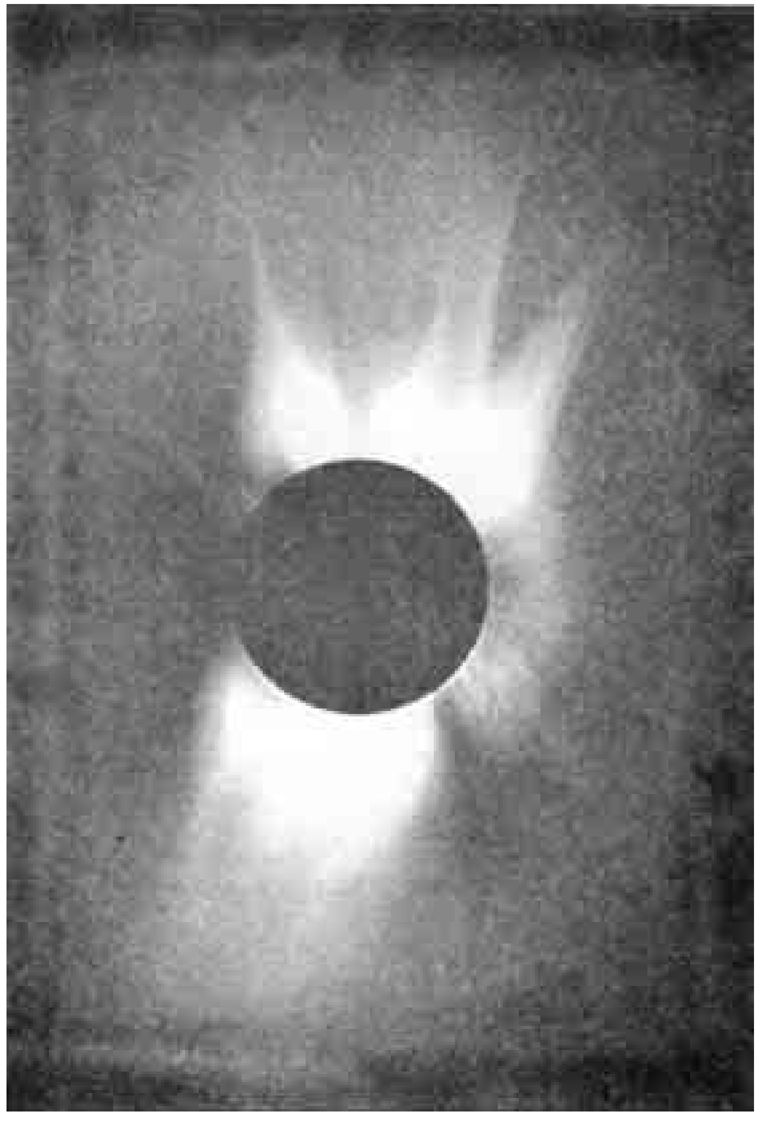
عدة مرات قدر قطر النجم المركزي.

والطبقات الغازية هذه أصلا غير منفذة للضوء، ولكن عندما تتسع وتتمدد تصبح شفافة ومن ثم يمكن رؤية ضوء النجم الأصلي خلالها. وبعد ذلك يبدأ لمعان النوفا في النقصان لتشكل أغلفة معتمة حوله، فالضوء يأتينا أساسا من النجم المركزي وليس من الأغلفة المعتمة حوله.

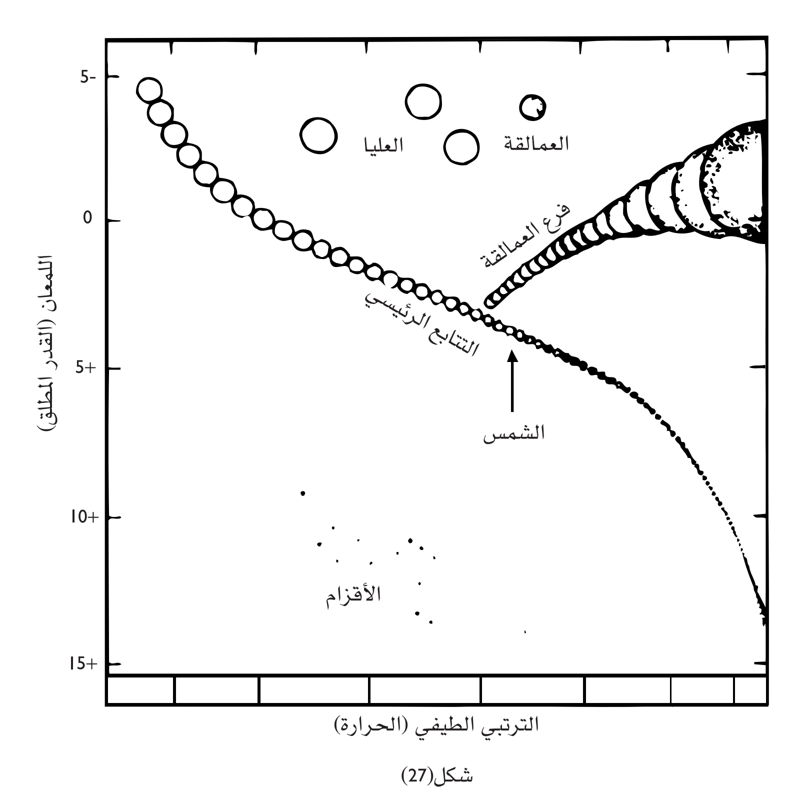
## النجوم فوق المتفجرة (سوبر نوفا Supernova)

في حالات نادرة يحدث للنجم كارثة مروعة، إذ تنفجر كل مادته في الفضاء فيتمزق إلى أجزاء صغيرة. انه موت عنيف على مستوى النجوم، فإذا كانت ظاهرة النوفا تقذف بجزء من مادة النجم في الفضاء، فان السوبرنوفا تحطمه تماما.

وعند حدوث السوبرنوفا فان النجم يضيء مثل مجرة بأكملها، ويمكن بهذا مشاهدته بالعين المجردة وفي وضح النهار. ولعل بقايا انفجار السوبرنوفا والذي شوهد في سديم السرطان Crab Nebula، عام 1054 هو اشهر سوبرنوفا في التاريخ، وهذا السديم عبارة عن كتلة غازية ممزقة على شكل حيوان السرطان البحري، ومن هنا اشتق اسمه. ولعل حدوث ظاهرة السوبرنوفا في مجرتنا نادر، ولكن هناك بعض حالات في المجرات الأخرى القريبة منا. وما زال سبب الانفجار المدمر لأحد النجوم مجهولا، ولكن هناك بعض التفسيرات التي يلجأ إليها علماء الفلك، كما سنرى في الفصل الثالث.



شكل(26): الكسوف الكلي للشمس ويدل شكل الاكليل على وجود قوى مغناطيسية هائلة.




شكل(27)

خريطة هبراتسبرنج - رسل (هـ - ر) وهي بيان لتجمع النجوم حسب لمعانها ودرجة حرارتها ونوعها الطيفي.



شكل(28)

الحشد الكروي (م - 13) في كوكبة الجاني ويبدو واضحا الى أي مدى تصل كثافة النجوم في المركز.

# 5 العمالقة الحمر والأقزام البيضاء

## الوحدات الأساسية للكون

إن أكبر تقدم حدث في إدراك الإنسان العصري للكون، هو الاكتشاف بأن النجوم تنتظم في مجرات. وأن كل النجوم التي تراها عين الإنسان المجردة، تنتمي لمجرة واحدة هي مجرتنا المسماة الطريق اللبني Milky Way أو درب التبانة. وما الشمس والمجموعة الشمسية إلا مجرد عضو في هذا النظام الكبير الذي يتكون من حوالي 130 بليون نجم. واستطاع علم الفلك الحديث أن يتجاوز ما في واجهة مجرتنا، واقتحم النسيج الكوني الجبار الذي تكونه النجوم والغاز والغبار الكونيان، واخترق الفراغات الشفافة التي تقع وراءه، واكتشف كذلك الجزر الكونية الهائلة التي تكون الوحدات الأساسية لهذا الفضاء اللانهائي.

إن هذه الوحدات الأساسية للكون، هي المجرات التي تعرف بأنها تجمع هائل من النجوم والغاز والغبار الكونيين والذرات المتأينة من الهيدروجين، تتخللها مجالات مغناطيسية وكهربية جبارة. وخارج مجرتنا توجد مجرات أخرى كثيرة، ربما يصل أعداد

ما نستطيع رؤيته بمناظيرنا الفلكية منها عدة بلايين. والمجرات ليست موزعة بانتظام في الفضاء، وإنما توجد في حشود Clusters، قد يبلغ عدد المجرات فيها حوالي عشرة آلاف. أما المجموعة التي تنتمي لها مجرتنا فيطلق عليها اسم المجموعة المحلية Local Group وتتكون من ثمانية عشر عضوا، وأكبر مجرات المجموعة المحلية هي المرأة المسلسلة وقطرها 130 ألف سنة ضوئية، بينما قطر مجرتنا 100 ألف سنة ضوئية، وتلك المجرة تحتوي على حوالي 300 بليون نجم أي اكثر من ضعف عدد النجوم في مجرتنا، وهي تبعد عنا بنحو مليوني سنة ضوئية، وتقابل مجرتنا في الطرف الآخر من مجرات المجموعة المحلية.

وأقرب المجرات إلينا اثنتان، هما سحابتا ماجلان Magellanic Clouds الصغرى (قطرها 25 ألف سنة ضوئية) والكبرى (قطرها 32 ألف سنة ضوئية) وهاتان المجرتان الصغيرتان، مستقلتان بذاتهما.

## تصنيف المجرات Galaxies Classification

تقدم علم الفلك خطوة كبرى إلى الأمام، عندما وجد انه يمكن وضع النجوم المتناثرة في ترتيب معين، وأيضا أمكن حديثا تصنيف المجرات إلى ثلاثة أنواع بالنسبة لشكلها:

- المجرات الاهليليجية (البيضاوية) irrigular
- المجرات اللولبية (الحلزونية) Spiral
- المجرات غير المنتظمة Elliptical

وتدل الإحصاءات الفلكية أن حوالي 78٪ من المجرات لولبية، و18٪ اهليليجية 4٪ فقط غير منتظمة. وهذه البلايين من المجرات تنطلق بسرعة هائلة في الفضاء، ويتخذ كل منها اتجاها يبتعد بها عن المجرات الأخرى، ولنلق نظرة فاحصة على محتويات كل نوع من المجرات، لنتعرف على هذه الجزر الكونية الجبارة.

## المجرات الاهليليجية (البيضاوية)

تستمد اسمها من شكلها، فهي كتل بيضاوية من النجوم المتكاثفة حول المركز، وتتكون هذه المجرات غالبا من النجوم الحمراء المتقدمة في العمر،

ولا تتكون فيها نجوم جديدة كما أن تحتوي على غبار كوني، ويبدو أنها أنظمة مغلقة على نفسها في طريقها إلى الفناء.

### المجرات اللولبية (الحلزونية)

تتميز هذه المجرات بأنها ذات قلب مركزي بمثابة نواة لامعة في مركز القرص النجمي، وهي تتكون من نجوم مسنة أما القرص المحيط بالنواة، فهو مكون من نجوم شابة تتخللها غيوم كثيفة من الغبار الكوني التي تكون نجوما جديدة باستمرار. وتطوق هذا النوع من المجرات أذرع حلزونية تتكون من الغاز والغبار الكونيين. وإذا ما نظرنا إلى مجرة لولبية فيجب أن نحسب حساب الانحراف، لأننا نرى بعضها مواجهة والبعض الآخر من زاوية أو من طرفها وسيكون من المستحيل عندئذ، أن نرى أية تفاصيل في الأذرع اللولبية، وتنقسم المجرات اللولبية إلى مفلطحة ودائرية.

### المجرات غير منتظمة

تسود في هذه المجرات النجوم الزرقاء حديثة النشأة يحيط بها غاز قاتم، وعموما فان هذا النوع من المجرات ليس له شكل محدد ولكن يغلب عليها الشكل المسطح.

والمجرات عموما تختلف في أحجامها، فهناك منها العمالقة والأقزام. وكل مجرة تدور حول محور، فالمجرات اللولبية تدور بحيث تجر اذرعها وتلفها معها، ومثالها مجرتنا التي تدور في اتجاه عقارب الساعة، إذا نظرنا إليها من القطب الشمالي وهي تسحب أيضا أذرعها اللولبية وراءها.

ويرى بعض علماء الفلك أن المجرات تتطور في الشكل، تتابعا من النوع الاهليليجي إلى النوع اللولبي بقسميه المفطلح والدائري. وحيث أن المجرات تحتوي على مجموعة كاملة من النجوم في دورة الولادة، وأخرى في ريعان الشباب وثالثة تحتضر أو تقضي نحبها في هدوء أو وسط انفجارات هائلة (سوبرنونا)، فهي تمثل دورة كاملة في حياة النجوم منذ الميلاد وحتى الموت.

### ميلاد النجوم

كان الفلكيون القدماء يعتقدون بعدم وجود مادة بين النجوم، فكانوا

يرون في السماء الفارغة نجوما فقط تحيط بها أجواء رقيقة، وكانوا يعتقدون أن النجوم ثابتة عددا. ولما اتضح أن النجوم تولد باستمرار وتشيخ وتموت، كان لا بد من وجود مادة من نوع خاص بين النجوم في فضاء الكون الشاسع. وفي الوقت الحاضر، اصبح علماء الفلك الحديث يعتنقون نظرية تقول بأن النجم يولد من وسط طبقات هائلة من الغاز والغبار الكوني. ففي البداية تظهر في السحابة الكونية الأولى عدة تمزقات نتيجة عدم استقرارها، ونظرا لان جاذبيتها تولد تقلصات محلية، فسرعان ما يكتسب بعضها شيئا من الاستقلال الذاتي ثم تثبت أجزاؤها بعضها ببعض، بواسطة جاذبيتها الخاصة... وهكذا يتكون النجم الأولي.

كما قد ينشأ النجم نتيجة دوامات في السحابة الكونية الأولى، في جيوب ذات كثافة عالية، تبدأ في الانكماش حول واحد أو اكثر من مراكز جاذبيتها. وعندما يتقلص نجم في دور التكوين فانه يكتسب دورانا محسوسا، وترتفع درجة حرارته بتولد طاقة الجاذبية. وتنشأ هذه الحرارة كنتيجة لتصادم الذرات الهاوية نحو مركز الجذب، بعضها ببعض، ولا تكون عملية الالتحام النووي للذرات المنفردة في بادئ الأمر كثيرة الحدوث، ومن ثم فان الطاقة التي تطلقها تكون قليلة.

ولكن استمرار النجم في الانكماش تحت ثقل طبقاته الخارجية المتراكمة، يجعل ذرات «القلب» تنضغط في بعضها بعضا فتلتحم أكثر فأكثر، أما المادة التي لم تندمج في النجم فتظل خارجة عنه على شكل سحابة رقيقة على بعد معين منه.

## أشعة الكون.. تتدخل

إن النظرية الحديثة عن ميلاد النجوم تستعين في تفسيراتها على ما يسمى بتأثير القوى المغناطيسية، داخل السحابة الكونية الأولى. ويتم تأثير خطوط هذه القوى المغناطيسية-تبعا لهذه النظرية-بفعل الأشعة الكونية، التي هي في الغالب جسيمات عالية الطاقة ذات شحنة موجبة، وتسير بسرعة تقارب سرعة الضوء، ولذلك فهي تستمد من كتلتها وسرعتها الهائلة قوة دفع هائلة. وتتمكن الأعداد الكبيرة من جسيمات الأشعة الكونية السابحة في الفضاء-في الوقت الحاضر-من التأثير في خطوط القوى المغناطيسية

الموجودة في مادة ما بين النجوم، بحيث تأخذ هذه القوى شكل (أودية) عميقة ومن ثم يحدث تخزين للجسيمات الذرية الأولية، التي تسبح على طول الخطوط المغناطيسية في الأودية، وسيأتي الوقت الذي تتجمع فيه جسيمات بأعداد هائلة في الوادي، وتكون قريبة من بعضها لدرجة تمكنها من بداية الانكماش الذي يؤدي إلى بداية ميلاد نجم أولي. إن معظم الغاز الذي يدخل في تكوين النجوم هو الهيدروجين، مخلوطا بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الأكثر ثقلا، ويتخلل الغاز بعض الغبار الكوني-غير المعروف فوق سطح الكرة الأرضية-والمكون من تجمعات دقيقة من الكربون والامونيا والميثان في درجة التجمد، ذلك أن أول متطلبات بداية نشأة النجم هي كتلة باردة من مادة ما بين النجوم.

ولا توجد قواعد ثابتة تمكننا من القطع، متى تتوقف كتلة معينة من الغاز من أن تصبح سحابة وتبدأ بالانكماش، لتصير في النهاية نجما أوليا. وربما كان من الممكن الظن بإمكان حدوث الانكماش عندما تزداد كثافة مادة ما بين النجوم لدرجة تصبح معها قوى الجاذبية، قادرة على تماسك الكتلة مع بعضها. وربما كانت هناك أوقات في أثناء الانكماش تتمكن فيها الاضطرابات داخل السحابة، من تحطيمها إلى كتل أصغر-قبل أن تصل إلى مرحلة الاستقرار-ومثل هذا التحطيم يمكن أن يؤدي إلى نشأة حشد من النجوم بدلا من نجم واحد.

## النجم.. يتطور

لقد أوضحنا أنه عندما تصل قوة الجاذبية إلى الحد اللازم، تبدأ درجة حرارة الكتلة المتقلصة بالازدياد بفعل تزايد الضغط، ويأخذ الغاز في المناطق المحيطة بها بالدخول إلى النجم المكون حديثا، فتزداد كتلته وتأتي الزيادة في درجة الحرارة كنتيجة لتحويل الطاقة الذاتية للنجم الأولي إلى طاقة حرارية. وتستمر مرحلة النجم الناشئ لتشمل فترة قصيرة نسبيا في طريق تطور النجم، وكلما ازدادت الكتلة كلما قصر الوقت اللازم لإتمام مرحلة النجم الناشئ، فالنجم ذو الكتلة الكبيرة يمكنه بسبب شدة مجال جاذبيته القوي، إنجاز ميلاده في وقت قصير نسبيا. فلو كان النجم الناشئ في مثل كتلة الشمس، فانه يحتاج حوالي 50 مليون عام من بداية حدوث الانكماش

حتى بداية انطلاق العمليات النووية الحرارية في مركزه، بينما نجم كتلته أكبر من كتلة الشمس بعشر مرات يقطع نفس الشوط في نصف هذه الفترة الزمنية، أما نجم كتلته خمس كتلة الشمس، فيتطلب زمنا قد يصل إلى خمسمائة مليون عام.

## العمالقة الحمر Red Giants

يستمر النجم الناشئ في الانكماش وازدياد الضغط داخله، حتى تبلغ درجة حرارته الداخلية حوالي نصف مليون درجة مئوية، وهنا يبدأ تفاعل الدوتيريوم (أحد نظائر غاز الهيدروجين، فبينما تتكون ذرة الهيدروجين من إلكترون واحد وبروتون واحد فقط، تتكون ذرة الدوتيريوم من إلكترون واحد وبروتون ونيوترون).

فإذا ما احتوى الغاز الذي دخل في تكوين النجم الناشئ على كمية كافية من الدوتيريوم، فانه يمكن لذراته أن تبدأ في اجتذاب جسيمات ذرية أخرى، ويحمل هذا التفاعل على تحرير بعض الطاقة، ومن ثم إلى زيادة درجة الحرارة الداخلية للنجم الناشئ حتى تصل إلى حوالي عشرة ملايين درجة مئوية. وهنا يبدأ تفاعل البروتون-بروتون، تماما كما يحدث داخل شمسنا، وبحدوث ذلك التفاعل النووي (كما شرحنا في الفصل الأول من الباب الثاني) يكون النجم الناشئ قد اصبح بالغا، ويبدأ في الاستقرار ويتحرك إلى خط التتابع الرئيسي، ويظل عند هذا الخط معظم حياته.

ويستمر هذا الاستقرار النسبي حتى يتم استهلاك حوالي عشرة في المائة من الهيدروجين الموجود بداخل النجم البالغ، وهنا يمكن القول بأن النجم قد استهلك جزءا حرجا من كتلته في الاندماج النووي الحراري. وبينما يتراكم رماد الهليوم-ناتج التفاعل النووي الحراري-عند القلب، يستمر الالتحام في غشاء لامع حوله، وليس لدى الرماد الداخلي أي مصدر للطاقة، ومن ثم فانه ينكمش تحت ضغطه الذاتي المتزايد. وفي أثناء عملية التقلص هذه، تنضغط نوى ذراته في بعضها بعضا، وتنسحق الكتروناته وتخرج عن مداراتها، ويترتب على ذلك انطلاق طاقة جاذبية تؤدي بالتالي إلى رفع درجة حرارة القلب، وهذا يؤثر على زيادة سرعة تفاعلات الاندماج، التي تتم في الغشاء المحيط بالنجم.

عند هذا الحد يبدأ القلب في الانكماش، فتتحرر طاقة تدفع المناطق الخارجية للنجم، وتضطرها إلى التمدد تحت تأثير الإشعاع المتزايد من الداخل، وبانطلاق الطاقة التي سببها الانكماش يزداد قلوب النجم حرارة، بينما تبرد مناطق السطح. ويمكن تعليل ذلك بأنه نتيجة للتمدد الضخم الذي حدث في تلك المناطق، وأيضا في المناطق الخارجية للنجم التي تشع الطاقة الزائدة، وتؤدي سرعة تمدد هذه المناطق بدرجة أسرع من تزايد درجة الحرارة في قلب النجم إلى أن تقل درجة حرارة سطحه لأنه أصبح يشع طاقة أكثر.

وكنتيجة لهذا يصبح النجم أكبر حجما وأكثر برودة في الخارج، ومن ثم يأخذ لونه في الاحمرار وفي هذه الحالة يكون قد وصل إلى مرحلة في تطور النجوم، يطلق عليها (العمالقة الحمر).

وفي مرحلة العمالقة الحمر، تنخفض درجة حرارة سطح النجم إلى أقل من النصف الذي كانت عليه عندما كان النجم في خط التتابع الرئيسي، ويبدأ النجم في الانتفاخ إلى مئات أمثال حجمه الذي كأنه وهو في مرحلة التتابع الرئيسي. ويحاول دائما العملاق الأحمر أن يعيد التوازن إلى كتلته حيث أن قلبه يتقلص، وفي نهاية الأمر تبلغ درجة حرارة القلب حدا معينا، يبدأ عنده تفاعل نووي آخر حيث أن رماد الهليوم-ناتج اندماج الهيدروجين-الذي تخلف في مرحلة التتابع الرئيسي السابقة، يصبح وقودا مرة أخرى ليتحول إلى عنصر الكربون.

وبذا ينتج عن انكماش قلب النجم تغير خواص المادة الموجودة بداخله، التي تصبح ما يعرف بالمادة المحايدة Neutral، أي تلك المادة التي تختفي فيها كل التركيبات الذرية وتصبح مادة القلب عبارة عن كتلة من المواد الذرية الأولية المتراصة مع بعضها.

ويستمر إنتاج الطاقة في قلب النجم خلال التفاعلات النووية الحرارية المستمرة، بالإضافة إلى الطاقة المنطلقة أثناء تقلص القلب، ولا تستطيع الطبقة التي تشع الضوء والطاقة في النجم من التعامل مع هذه الكمية الكبيرة من الطاقة، وتكون النتيجة ارتفاع درجة حرارة قلب النجم بشكل هائل قد تصل إلى حوالي ثمانين مليون درجة مئوية.

وفي هذه الدرجة من الحرارة، يدخل الهليوم في تفاعل نووي حراري

متحولا إلى عناصر أخرى أكثر ثقلا، كالأوكسجين والكربون والنيون. وتنشأ عن كل هذه التفاعلات طاقة من أشعة جاما، ومع استمرار اندماج الهليوم ترتفع درجة الحرارة اكثر فأكثر. ويسمى اندماج الهليوم بـ (الوميض الخاطف للهليوم Helium Flash)، وذلك لان اندماج الهليوم يستمر للحظات بالنسبة لعمر النجم المتأجج، أما بحساب سنواتنا فيستمر هذا الاندماج حوالي ألف عام، إلا أن هذه الفترة لا تعتبر إلا لحظة في عمر النجم الذي يقدر ببلايين السنين. ومن الواضح تماما أن هذا الوضع لا يمكن أن يستمر، وهو حقا لا يستمر، فبعد أن تصل درجة الحرارة إلى الحد الذي يفوق كل تخيل، حوالي 350 مليون درجة مئوية، لا بد أن يحدث شيء ما.

فبسبب عدم الاستقرار في التركيب الداخلي للنجم، يأخذ حجمه وبالتالي لمعانه في الازدياد ثم يتقلص بعد ذلك ويخفت. وبعد أن يصل النجم إلى مرحلة العمالقة الحمر، يبدأ في فقد كتلته بمعدل أسرع من ذي قبل، ويرجع السبب في هذا إلى زيادة مساحة السطح الذي يفقد الكتلة. ولو أن درجة الحرارة ارتفعت في قلب النجم إلى حد معين، فانه من الممكن أن يفقد كتلة أكبر خلال ما يعتريه من انفجارات صغيرة نسبيا تجعله يصبح نوفا Nova أو نجما متفجرا، أو ربما يفقد النجم كمية كبيرة جدا من كتلته خلال انفجار هائل واحد، فيضيء مثل مجرة بأسرها ويسمى سوبر نوفا Supernova أو نجما متفجرا بشكل جبار.

ومن أشهر العمالقة الحمر في الكون، نجم إبط الجوزاء Betelgeuse في سديم الجبار Orion، الذي يبعد عنا مسافة تقدر بحوالي 1600 سنة ضوئية، وسطح إبط (منكب) الجوزاء بارد نسبيا وهو يتمدد في فترات مختلفة. انه حقا نجم هائل يبلغ قطره حوالي 350 مرة مثل قطر شمسنا، ولو فرضنا أن هذا النجم كان في موضع الشمس الحالية، لتبخرت كل الكواكب التسعة التي يكون المجموعة الشمسية.

أما الشمس فستصبح أيضا عملاقا أحمر، ومن بعد 5 بلايين سنة (خمسة آلاف مليون سنة)، وذلك عندما تستهلك وقودها من الهيدروجين، ولكنها لن تصبح في حجم إبط الجوزاء، وفي هذا الوقت ستستحيل الحياة فوق كوكب الأرض لشدة ضياء الشمس وحرارتها.

إن إبط الجوزاء نجم في مرحلة الشيخوخة، يحاول قدر جهده أن يستمر

في الحياة بواسطة إحراق وقوده القليل الباقي له، وهو يقترب من الوقت الذي يستهلك فيه كل وقوده.

ما الذي يحدث لنجم مثل إبط الجوزاء، عندما يقترب من نهاية حياته؟. عندما يبلغ مرحلة العمالقة الحمر، يتقلص قلب النجم بفعل الجاذبية الهائلة التي تسيطر على النجم في هذه المرحلة، وبين فترة وأخرى يبدأ تفاعل نووي جديد عندما تبلغ درجة الحرارة في قلب النجم حدا معينا. فيتحول الهليوم بالاحتراق إلى كربون وأوكسجين ثم يتحول الكربون إلى نيون وماغنسيوم، وهذا يتحول بعد سلسلة معقدة من التفاعلات إلى عنصر الحديد، حيث يتوقف إنتاج الطاقة ويخمد النجم تماما.

أما تفاصيل تطور النجم في نهاية مرحلة العمالقة الحمر، فيمكن شرحها: بأن الجاذبية تؤثر في قلب النجم فيتقلص، وقد يتأجل التقلص مؤقتا إذا كان التفاعل النووي داخل النجم قادرا على إمداد مركز النجم بالطاقة، بحيث يبقيه متأججا بدرجة كافية للإبقاء على ثقل الغلاف الخاص بالنجم. وبالرغم من هذا فبمجرد انتهاء «الوقود» الذي ينتج الطاقة، يبدأ مركز النجم في التقلص ويستمر تطور النجم إلى نهايته الحتمية.

### الأقزام البيضاء White Dwarfs

بعض النجوم-بعد حياة دامت ملايين السنين-تبدأ الدخول في مرحلة الشيخوخة، ثم الاحتضار فمرحلة الموت، وقد تختار لها نعشا أبيض فتموت فيما يعرف بالأقزام البيضاء.

لقد تركنا العملاق الأحمر وقلبه ما يزال يتأثر بالجاذبية، فيزداد التقلص فيه ولكنه يتوقف من وقت لآخر ليسمح بحدوث تفاعل نووي في مركزه، ولكن هل يستمر أثر الجاذبية منتجا التقلص، هكذا بشكل مستمر وبلا نهاية؟. إن قصة حياة النجم كلها تتلخص في صراع بين الجاذبية التي تعمل على تقليصه، وبين القوة النووية التي هي عامل على تمدده، وعندما يصل النجم إلى نهاية حياته بعد مرحلة العمالقة الحمر، فان القوى الحرارية تخسر المعركة في نهاية الأمر مع الجاذبية.

أما الطاقة اللازمة للاحتفاظ بالحرارة فقد فقدت في الفضاء، بينما كان النجم متأججا في فترة شبابه. وبمجرد انتهاء «الوقود» فان قلب النجم

يبرد إلى الحد الذي تختفي فيه أهمية الضغط الحراري، وتصبح الغلبة شيئا فشيئا للجاذبية، فيتقلص النجم حتى تصبح دقائقه متلاصقة تقريبا.

وهكذا لم يعد هناك مجال لأي تفاعل نووي بعد أن اصبح النجم نعشا ابيض، للعناصر الثقيلة التي كونها النجم في مركزه، عندما انتهى رصيد الهيدروجين الذي كان يكون معظم مادته منذ اللحظات الأولى لميلاده. وعندما يصل النجم إلى مرحلة القزم الأبيض يتوقف عن توليد الطاقة، ذلك لأنه لم يعد يحتوي على «وقود» كاف، ويبدأ النجم في عملية تبريد طويلة وبطيئة يشع فيها طاقته الضئيلة بتقتير شديد في الفضاء.

ونظرا لأن النجم لم يعد قادرا على توليد الطاقة فانه لا يستبدل الطاقة التي يشدها بأخرى، وبعد زمن طويل يمتنع النجم عن الإشعاع في نطاق الموجات المرئية، ويستمر في إطلاق أشعة تحت الحمراء (الأشعة الحرارية) التي لا نراها بالعين البشرية، وأخيرا يتوقف القزم الأبيض عن الإشعاع ويستقر ببساطة عند ذلك ويبرد تماما ويصبح مجرد جسم أسود ميت.

وأول قزم أبيض تم اكتشافه في الكون، هو الشعري اليمانية (Sirius (B من كوكبة الكلب الأكبر Canis Major وبينما يبدو نجم الشعري اليمانية منفردا في السماء إذا نظرنا إليه بالعين المجردة، ولكن إذا استخدمنا التلسكوب، فسيظهر أن هناك نظاما مكونا من نجمين مزدوجين Binary يدوران حول بعضهما. فالنجم الأشد لمعانا هو الشعري اليمانية أ، وهو على خط التتابع الرئيسي أي في مرحلة الشباب، ومن الصعب أن نرى رفيقه (الشعري اليمانية ب) لان ضوء النجم الشعري اليمانية أ، قوي إلى الحد الذي يغطي بضوئه أي إشعاع خافت للقزم الأبيض.

ويرجع سبب خفوت ضوء الشعري إيمانية ب، إلى أن حجمه صغير نسبيا ولان مادته مكدسة بشكل هائل، فتحت ظروف الضغط الهائل السائد في قزم أبيض، نجد أن التركيب الذري العادي غير موجود. فالإلكترونات قد أرغمت على الخروج من مستويات طاقتها العادية، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها، في حيز ضيق كثيف. وقد اعتصر فراغ كل ذرات الأقزام البيضاء، وبذلك انضغطت كل مادة قلب النجم إلى حوالي كوكب أو ربما أقل، ومن ثم يكون وزن السنتيمتر المكعب من مادة القزم الأبيض أكثر من طن.

لقد مر نجم الشعري اليمانية ب بمرحلة العمالقة الحمر، وأصبح في الوقت الحاضر قزما أبيض، فكيف أمكن له أن يتغلب على قوى الجاذبية الهائلة؟ إن السر يكمن في الكثافة الهائلة للقزم الأبيض، فقد أمكن للنجم الشعري اليمانية ب ألا ينكمش إلى حجم أصغر من حجم الأقزام البيضاء، لان قلبه يمارس ضغطا-ليس له علاقة بالطاقة الحرارية-يسمى الضغط التحللي Degeneracy Pressure وقد جاءت التسمية من حالة التحلل التي تصيب الإلكترونات، عندما تكون المادة في حالة كثافة شديدة، وهي لا تنشأ عن الطاقة الحرارية ولكن فقط بسبب تلك الكثافة الهائلة التي تحدث للمادة.

وكنتيجة لهذا فان انخفاض درجة حرارة نجم الشعري اليمانية ب لا تؤثر فيه كثيرا، فهو ما يزال قادرا على الاحتفاظ بكتلته لان ضغط القلب لا يعتمد على الحرارة. وقوة ضغط التحلل الغريبة، تتأتى من اتحاد عاملين: الكثافة الهائلة للأقزام البيضاء، والصفات المميزة للإلكترونات. ففي الغاز العادي-كالغاز الذي يوجد في مركز الشمس-توجد الذرات متباعدة حتى أن أحجامها أصغر كثيرا من المسافات بينها، ومن ثم فهي تتحرك بحرية وتمارس الضغط كنتيجة لاصطدامها بالذرات الأخرى. أما في الغاز المتحلل Degenerated Gas فان الذرات مكدسة، والإلكترونات التي تمثل معظم حجم الذرة، تبدو ككرات متلاصقة في صندوق صغير، وهكذا فليست هناك مسافات بينها ومن ثم فهي تقاوم أية محاولة لضغطها أو تقليصها إلى حجم اقل.

والصفة الهامة لضغط التحلل في أثناء تطور النجم، هو أنه ليس ناتجا عن الطاقة الحرارية التي تعتمد على حركة ذرات الغاز، فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت حركة الذرات وتلاطمها بشدة، ومن ثم يزداد الضغط. أما في حالة ضغط التحلل فالذرات مكدسة بحيث لا يتوفر لها حرية الحركة ومن ثم لا تصطدم ببعضها بعضا.

## تركيب القزم الأبيض

وهكذا نرى أن التركيب الذري العادي يتحطم في القزم الأبيض، فالإلكترونات قد أرغمت على الخروج من مستويات طاقتها العادية،

وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها واعتصر فراغ الذرة وتكدست الجسيمات الذرية الأولية في حيز ضيق كثيف. مثل هذه الذرات تسمى مادة حيادية أو محايدة، حيث انضغطت فيها النوى والإلكترونات بالقرب من بعضها لدرجة أنها فقدت كثيرا من حرية حركتها، ولم تعد للمادة خصائص الغاز. وقد اعتصر فراغ كل الذرات في القزم الأبيض، وبذلك تكدست كل مادة قلب النجم إلى حوالي كوكب أو أقل، وصار النجم متطرفا في كبر كثافته، وبالتالي ازدادت جاذبيته حوالي مليون مرة. وعندما يحدث ذلك تنخفض سرعة الإلكترونات بصفة عامة، ولكن يظل بعضها-الأكثر حرية-يتحرك بسرعته العادية القريبة جدا من سرعة الضوء.

وتظل معظم الإلكترونات-في داخل القزم الأبيض-حبيسة في مادة الفراغ، ومن ثم يتحتم عليها أن تتحرك بسرعة منخفضة، وتندفع نوى الهيدروجين-البروتونات-من الكتلة المركزية للقزم الأبيض إلى السطح، ويتسبب جذب بروتونات النوى المختلفة للإلكترونات، في تجميع معظم هذه الإلكترونات في مركز النجم.

إن الضغط التحللي إذن هو الذي يمنع القزم الأبيض من مزيد من التقلص، وهو الذي يحافظ على القزم الأبيض وذلك بتمكين مادته من مقاومة أي انكماش بأثر الجاذبية. وحيث أن ضغط التحلل مستقل تماما عن الطاقة الحرارية فان القزم الأبيض، إذا انخفضت حرارته سيظل محتفظا بنفس حجمه، وفي نهاية الأمر سيتحول إلى قزم أسود Black Dwarf، مجرد جسم خامد في الفضاء أو جثة نجم. ولكن هل كل النجوم تتحول في نهاية حياتها إلى أقزام بيضاء؟.

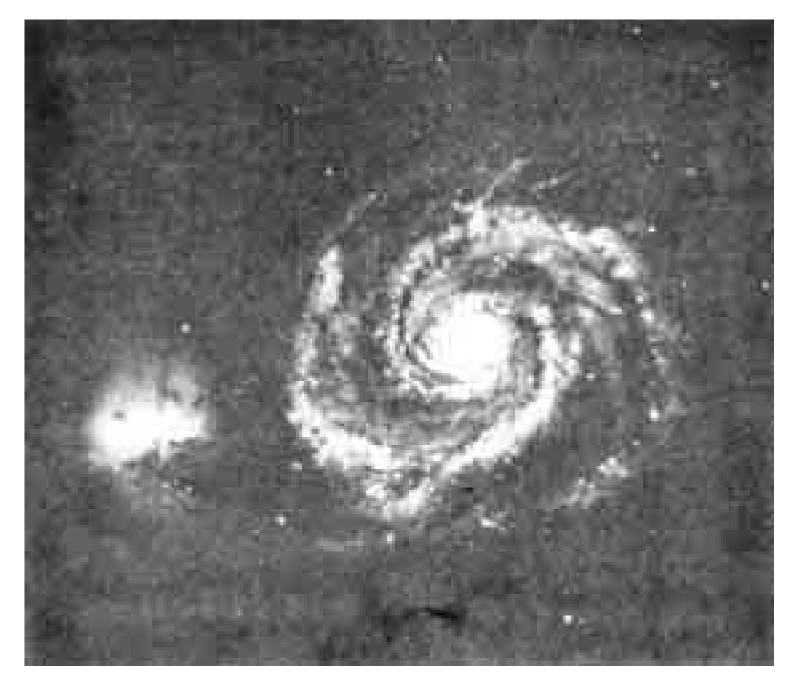
كلا، ذلك أن ضغط التحلل له حد معين لا يتعداه، فإذا كانت كتلة النجم اكثر من 1,4 قدر كتلة الشمس (وهو ما يعرف بحد شاندراسيكار[1])، وأراد أن يستقر كقزم أبيض فلن تستطيع قوى ضغط التحلل أن تمنع تقلص النجم، ومن ثم فهو ينكمش إلى حد أصغر وربما يصبح ثقبا أسود، كما سيتم شرحه في الباب الثالث. فالنجم الذي يريد أن ينهي حياته كقزم

(1) العالم الفلكي الشهير هندي الاصل سوبراهمانيان شاندراسيكار، والذي كان أول من توصل الى هذا الحد ومن ثم أطلق عليه اسمه.

أبيض، يجب أن تكون كتلته أقل 4ر1 من كتلة الشمس، أي أصغر من حد شاندراسيكار، من هذا يتضح أن هناك شكلا آخر قد يتخذه النجم وهو يلفظ أنفاسه-غير القزم الأبيض-هو النجم النيوترونى الذي يمثل مرحلة أخرى من مراحل التطور المثير للنجم، عندما يقترب من نهاية حياته الطويلة.



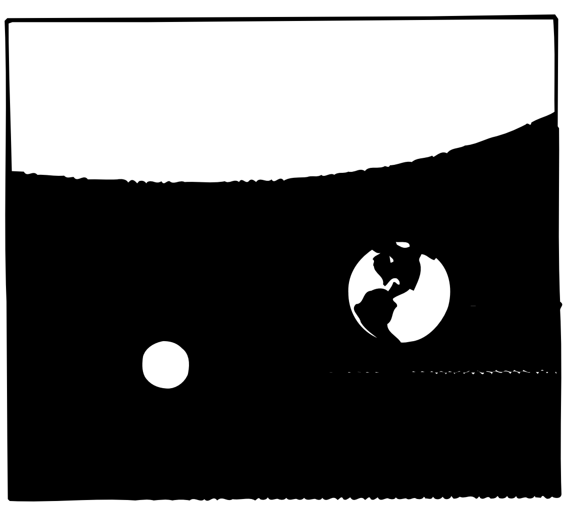
شكل(29): مجرة اهليليجية (بيضاوية) - أ



شكل(30): مجرة حلزونية - ب



شكل(31): مجرة غير منظمة




شكل(32) مقارنة بين حجم القزم الابيض الشعري اليمانية ب) والكرة الارضية

# 6 النجوم النيوترونية

## الحدث الغريب.. في سديم السرطان

هناك ظاهرة كونية مثيرة ما تزال تحير علماء الفلك حتى الوقت الحاضر، وكانوا غير واثقين-حتى عهد قريب-من سبب حدوثها. إنها ظاهرة السوبرنوفا، التي تحدث عندما ينفجر النجم فجأة دون أن يدخل في مرحلة العمالقة الحمر. فالنجم في هذه الحالة يقدم على عملية انتحارية سريعة، يودع بها مرحلة شيخوخته بانفجار مروع لا يمكن لنا أن نتصور مدى قوته، فهو في شدته يساوي ملاين الملايين من القنابل الهيدروجينية، كذلك بلغ إضاءة السوبرنوفا لنجم واحد، قدر ملايين الشموس.

وقد تستمر هذه الظاهرة الفلكية الغريبة لمدة أسبوعين في المتوسط، وفيها يشع النجم طاقات جبارة تساوي الطاقة الناتجة من مليون شمس مثل شمسنا، ولهذا فقد نرى ضوء النجم في وضح النهار.

وقد لاحظ علماء الفلك أيضا ظواهر فلكية أقل شدة من السوبرنوفا، أطلقوا عليها النوفا، وهي انفجارات تقذف في الفضاء بجزء من مادة النجم-كما سبق وأوضحنا في الفصل الثاني-ثم تهدأ وفي

معظم الحالات تنفجر ثانية، ويتم هذا في بعضها على فترات منتظمة. والنجم في حالة انفجار النوفا لا يفقد الكثير من مادته، أما في حالة السوبرنوفا فانه يتمزق تماما في الفضاء.

فما هو سبب حدوث النوفا والسوبرنوفا؟

لقد أوضحنا من قبل، إن النجم إذا بلغت كتلته 1,4 قدر كتلة الشمس أو أكثر قليلا، فان مصيره إلى الفناء، لن يكون عن طريق دخوله مرحلة الأقزام البيضاء، بل قد ينهي حياته بانفجار نوفا أو سوبرنوفا.

فالتفاعل النووي في قلب النجم تنتج عنه مادة الحديد، في درجة حرارة 2000 مليون درجة مئوية تقريبا، وتنتج أيضا كمية هائلة من الطاقة على شكل نيوترونات تفر من النجم، باتجاه الفضاء الخارجي. وهنا لا بد أن ينكمش النجم الضخم ليعوض ما فقده، وينتج عن هذا التقلص زيادة في درجة الحرارة في قلب النجم، فتندفع في ارتفاعها-بشكل مفاجئ-إلى ما بين أربعة إلى ستة آلاف مليون درجة مئوية في مدى أسابيع قليلة، وهكذا ينهار كل شيء بشكل مفاجئ وهائل.

وعندما تبلغ درجة الحرارة 7000 مليون درجة مئوية، فان استمرار بناء العناصر من الخفيف إلى الثقيل ينعكس. فيتحول عنصر الحديد والعناصر الثقيلة الأخرى إلى نوى هليوم، ويتبع عملية التحويل العكسية هذه، امتصاص للطاقة بدلا من إطلاقها. ذلك أن النجم الضخم يجد نفسه فجأة مضطرا إلى محاولة استعادة كل الطاقة التي بددها خلال ملايين السنين الماضية، ويترتب على هذا تفريغ جبار ومفاجئ، كالذي يحدث في بالون منتفخ تماما احدث به ثقب بآلة حادة.

أن مناطق التفاعل والغلافات الجوية الموجودة بطبقات غشائه الخارجية، تندفع إلى الداخل تحت تأثير قوة جاذبيته الجبارة، وتتصادم طبقات الهيدروجين والهليوم والأوكسجين مع بعضها بعضا، أثناء الاندفاع إلى مركز النجم. ثم تطلق الطاقة النووية المتبقية في النجم فجأة بكل قوتها الجبارة.

ولعل أشهر سوبرنوفا هي التي (شوهدت) تنفجر في عام 1054 ميلادية، في برج الثور، ويطلق على آثارها الآن اسم (سديم السرطان). ويبعد عنا سديم السرطان بحوالي سبعة آلاف سنة ضوئية، وهذا يعني أن الانفجار لم يتم في حقيقة الأمر في عام 1054، بل حدث قبل ذلك بحوالي سبعة

آلاف عام، لكننا لم نستطع رؤية هذه الظاهرة الكونية المثيرة، إلا بعد أن وصل ضوء الانفجار الهائل بسرعته المعروفة (300 ألف كيلو متر في الثانية)، إلى الأرض في النهاية بعد رحلة في الفضاء، استمرت سبعين قرنا من الزمن.

ولعل الشيء العجيب في ظاهرة السوبرنوفا، أنها تتسبب في ظهور النجم النيوتروني Neutron Star، ذلك الجسم الفضائي المثير الذي يبعث بنبضات راديوية منتظمة ودقيقة التوقيت، حتى أن بعض علماء الفلك تساءلوا عما إذا كانت هذه الإشارات صادرة عن كائنات ذكية في الكون، تحاول الاتصال بنا.

## النجم النيوتروني

في الظروف العادية يمكن أن يتفكك النيوترون (متعادل الشحنة) إلى بروتون (موجب الشحنة) وإلكترون (سالب الشحنة)، ولكن تحت ظروف قوى الجاذبية الهائلة التي تعتري النجم في مرحلة السوبرنوفا، فان تقلص المادة الشديد في حجم غاية في الصغر النسبي، الذي يقرب ما بين الذرات، واندفاع الكتل الهائلة إلى قلب النجم بسرعة جنونية لتسحق مادتها. يؤدي هذا إلى أن الإلكترونات تقترب من نواتها لتدور ملاصقة لها، ثم تتولد لها طاقة إضافية عالية نتيجة اقترابها من النواة، تتيح لها التفاعل مع البروتونات المكونة للنواة.

ويؤدي الالتحام مع البروتونات (التي تسكن النواة) إلى تعادل شحنة الإلكترونات السالبة، مع الشحنة الموجبة للبروتونات. وبهذا تتحول إلى نيوترونات متعادلة الشحنة. أي أن هذا التفاعل أدى إلى إنشاء النيوترون واختفاء الإلكترون. يؤدي هذا التحول إلى نقص مفاجئ ني التركيب الذري (حيث كان يتكون من قبل من إلكترون وبروتون). وبهذا الانخفاض تحمل الجاذبية على تقليص المادة أكثر، وهكذا ينشأ النجم النيوتروني مكونا كله تقريبا من نيوترونات. وكنتيجة لهذه الانكماشات واختفاء الفراغات الذرية، يتقلص حجم النجم الهائل إلى أن يبلغ قطره حوالي عشرة كيلو مترات فقط، ومع هذا يحتوي على مادة هائلة، وهكذا يزن السنتيمتر المكعب من مادة النجم النيوتروني حوالي مائة مليون طن.

وبزيادة جاذبية النجم النيوتروني، لا تستطيع حتى فوتونات الضوء الإفلات من قبضة الجاذبية-بالرغم من أن فوتونات الضوء تتأثر عادة قليلا بالجاذبية-لكن زيادة الجاذبية الجبارة في نجم نيوتروني يمنع الفوتونات من الإفلات، وهكذا تنحني الفوتونات في مدارات حول النجم النيوتروني في شكل طبقة سحابية خافتة.

والنجم النيوتروني الميت-رغم كثافته وثقله الهائلين-ليس إلا حالة من الحالات العديدة التي تنتهي بها حياة النجوم، بعد حياة حافلة بالنشاط امتدت لملايين السنين، ويعتقد علماء الفلك أيضا بوجود ما يسمى بالثقوب السوداء، التي هي أكثر كثافة واقل حجما، وأعظم تقلصا، وأثقل وزنا، واكثر غرابة من النجم النيوتروني. ويمكن أن نقارن بين الأحجام المختلفة للنجوم، في المراحل المختلفة أثناء دورة حياتها كما في شكل-34.

أن جسيمات نوى الذرات شديدة الثقل والصلابة، ليست بسيطة كما كنا نظن، بل يبدو أنها تتكون من نظم أدق تفصلها فراغات أخرى. وعندما يحدث الانهيار التام المطلق للنجم، نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة، فان الفراغات الذرية تختفي بدورها. وتظهر المادة بصورة أخرى غريبة غير مألوفة لنا، لا ندري كيف نصفها ولا نملك إلا أن نطلق عليها اسم (الثقوب السوداء)، فحتى الضوء بسرعته الهائلة لا يستطيع أن يفلت منها.

ومن الناحية النظرية يمكن أن ينتج نجم نيوتروني من انهيار كتلة النجم الذي يفوق كتلة الشمس بكثير، وينشأ النجم النيوتروني عندما تقلص قوى الجاذبية المادة في حجم صغير للغاية، لدرجة أن الإلكترونات تستطيع أن تدور ملاصقة لنواتها دون أن يفصلهما فراغ، وذلك للتقارب الشديد بين الذرات. وتوضح نظرية حديثة، أن الإلكترونات تحصل في مثل هذا التقارب، على طاقة إضافية وأن طاقتها تصبح عند نقطة معينة عالية جدا، بدرجة تجعلها تتفاعل مع البروتونات في النواة، مكونة النيوترونات التي تكون معظم النجم النيوتروني.

ومن المحتمل أن يكون النجم النيوتروني في حالة دوران سريع حول نفسه، بشكل مذهل، فيعتقد علماء الفلك أن معدل دورانه يبلغ حوالي 200 مرة في الثانية الواحدة، دون أن يتفتت في الفضاء. ومعدل الدوران الهائل هذا، والمجالات المغناطيسية المعقدة التي تحيط بالنجم النيوتروني، والكثافة

التي لا يمكن تصورها، والغلاف الجوي الغريب الذي يحيط به، كلها تجعل من الصعب علينا أن نتخيل شكل النجم النيوتروني.

## تركيب النجم النيوتروني

منذ أواخر الستينات وأوائل السبعينات من هذا القرن، وعلماء الفلك يحاولون كشف أسرار النجوم النيوترونية، ومحاولة تصور تركيبها. ويعتقد العلماء أن النجم النيوتروني مكون من طبقتين، أولاهما طبقة سطحية عمقها عدة أمتار تتكون من مادة في صلابة المعدن، أما الطبقة الثانية والتي يبلغ عمقها عدة كيلو مترات فدرجة كثافتها لا يمكن تصورها، وتظهر الدراسات الفلكية الحديثة بأنها أشد صلابة من أي معدن معروف لنا بـ $10^{17}$ (أي رقم عشرة وبجانبه سبعة عشر صفرا).

ويمكن النظر إلى النجم النيوتروني، كأنه نواة ضخمة للذرة، والفرق الوحيد بينهما أن النجم النيوتروني يتماسك بفعل الجاذبية الشديدة، أما الذرة فتتماسك بالقوة النووية، كما أن النجم النيوتروني قد اندمجت إلكتروناته مع بروتوناته، وأنتجت نيوترونات. ويعتقد علماء الفلك أن ذلك النجم الخافت الذي يتوسط سديم السرطان، هو نجم نيوتروني وقد تخلف عن الانفجار الجبار (السوبرنوفا)، ذلك الانفجار الذي شاهده فلكيو الصين القدماء في هذه المنطقة من الفضاء في عام 1054 ميلادية.

ولكن الذي يحير علماء الفلك اكثر، تلك النبضات الراديوية المنتظمة التي تنبعث من النجوم النيوترونية.

## النجوم النابضة Pulsars

اكتشفت النجوم النابضة (البلسارات) في عام 1967 بواسطة منظار راديوي قوي. وما وجد في حقيقة الأمر، كان عبارة عن مساحة في الكون مستمرة في إرسال نبضات راديوية بانتظام دقيق، ثم تعاقبت بعد ذلك الاكتشافات السريعة التي أوضحت أن معدل نبض البلسارات المختلفة متغير، برغم أن المعدل ظل في جميعها قصر والانبعاث دقيق (حوالي 3ر من الثانية). لقد كان توقيت النبضات منتظما إلى الحد الذي يمكن منه الاستدلال، عما إذا كانت الأرض أثناء دورانها في مدارها متجهة نحو

الشمس، أو مبتعدة عنها. وكان أهم نجم نابض قد اكتشف في نفس مكان النجم النيوتروني، في وسط سديم السرطان الذي تبقى كأثر للسوبرنوفا، والذي كان ينبض بمعدل 30 مرة في الثانية الواحدة. ومن هنا وجدت العلاقة بين النجم النيوتروني والنجم النابض، واتضح انهما شيء واحد.

وتنشأ نبضة النجم النيوتروني نتيجة لدورانه، فكل مرة يدور حول نفسه، تصدر منه نبضة فيلتقطها المنظار الراديوي فوق الأرض، كما يتضح من (شكل-36):

ويمكن أن نشبه هذه الحالة، بما يفعله المنار الذي يهدي السفن: فكلما صدر منه شعاع في اتجاه معين يمكن رؤيته من هذا الاتجاه، ثم يتجه الشعاع إلى جهة أخرى فلا يمكن رؤيته ويعود مرة أخرى إلى الاتجاه الأول. وهكذا، بسرعة منتظمة وفي أوقات محددة.

وعندما التقطت النبضات من النجم النيوتروني في بادئ الأمر، كانت هناك ظنون حول إمكانية أن تكون هذه النبضات قادمة من مصدر صناعي، وتمثل محاولة من كائنات عاقلة في الكون للاتصال بسكان الكرة الأرضي. لكن هذه الفكرة قد تم التخلي عنها، بعد أن اكتشفت ثلاثة نجوم نابضة أخرى في أماكن مختلفة بمجرتنا. فمن المستحيل أن يحاول أربعة من أجناس الكائنات الذكية الذين يسكنون أماكن بعيدة جدا عن بعضهم بعضا، الاتصال بأذكياء آخرين في الكون، مستخدمين نفس ترددات الذبذبة.

وهكذا أيقن علماء الفلك بأن النبضات لا بد وان تنشأ عن أجسام طبيعية في الفضاء، تدور بسرعة هائلة ولها كثافة شديدة وتحتوي على كمية كبيرة من الطاقة، وحجمها صغير للغاية، وهذه هي مواصفات النجم النيوتروني تماما. ويمكن للتبسيط أن نقارن نبض نجم نيوتروني بالذبذبات المستمرة لجرس، بعد أن تتقل الطاقة إليه من مطرقة، أو بالذبذبات الناتجة، من شوكة رنانة بعد طرقها بحافة منضدة مثلا. فبعد وقت قصير تقف ذبذبات الجرس أو الشوكة الرنانة. ولكن في حالة النجم النيوتروني النابض، يمكن أن تستمر الترددات لآلاف السنين إذا أتيحت لها طاقة كافية، والذبذبات التي تم التقاطها من النجوم النابضة تقارب دورات النبض التي تم حسابها بواسطة علماء الفلك لنجم نيوتروني، ومما لا شك فيه أن مثل هذه النجوم شديدة الكثافة والجاذبية، وبها مخزون هائل من الطاقة يجعل

النبض يستمر لزمن طويل جدا.

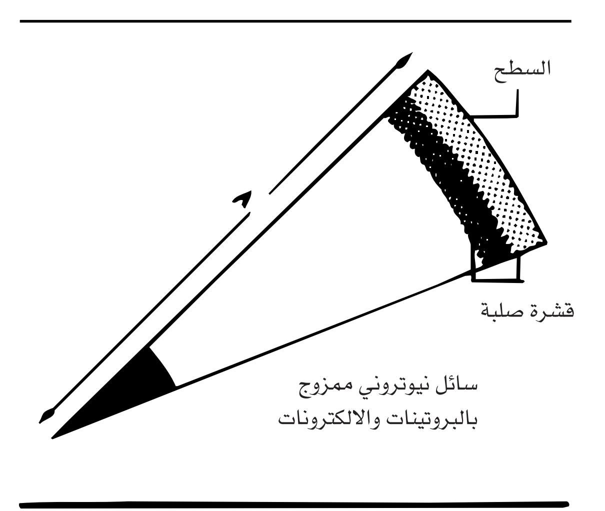
وهنا يثار سؤال هام: ما الذي يجعل النجم النيوتروني ينبض؟

تقول نظرية فلكية حديثة، في تفسيرها لسبب هذا النبض المنتظم من النجم النيوتروني، بأن النبض ينقل بواسطة موجة الضغط إلى الغلاف الجوي القريب والكثيف جدا الذي يحيط بالنجم النيوتروني، والذي يرتبط معه بفعل المجال المغناطيسي الهائل.

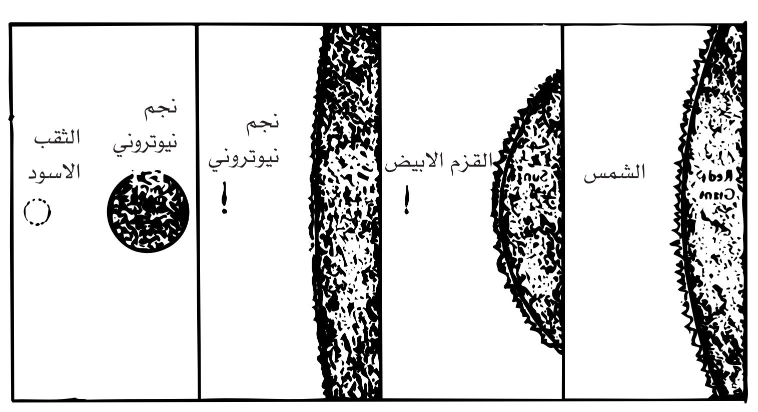
وتتحول موجة الضغط في الغلاف الجوي إلى موجة اصطدامية، تعمل أثناء اندفاعها إلى الخارج على تعجيل الإلكترونات إلى سرعات خيالية. هذه الإلكترونات سريعة الحركة تولد أثناء اندفاعها خلال الغلاف الجوي العلوي المتأين، تلك الموجة الراديوية أو النبضات التي تصدر عن النجوم النيوترونية، وتلتقطها المراصد الراديوية فوق الأرض.

أن هذه النجوم النابضة تبعث بموجات راديوية قصيرة الموجة، في فترات زمنية محددة، إلا أن أغرب ما في الأمر أن النجم النابض يدور حول نفسه بسرعة جنونية، وقد يتم الدورة الواحدة في جزء من ألف من الثانية الواحدة. وللنجوم النابضة عمر، كما لكل شيء في هذا الكون أجل محتوم، فهي لن تستمر في نبضها بالقوة ذاتها، بل سيعتريها-مع مرور ملايين السنين-تناقص في النبض سرعان ما يتلاشى في النهاية. وعندئذ لن نستطيع أن نكشف عن وجودها. ويعتقد علماء الفلك بأن في مجرتنا، العديد من النجوم النابضة التي أصابها الوهن فكفت عن النبض، ومن ثم لن نتمكن من الاستدلال على وجودها، رغم أنها ما زالت هناك صامتة صمتا أبديا.

قد تبدو بعض الظواهر الفلكية المثيرة في الكون كنوع من قصص الخيال العلمي، ومن الفضاء بدأ يكشف عن كل ما هو غريب وعجيب. وكما رأينا فالنجوم فوق المتفجرة (السوبرنوفا) تعود للحياة بصورة أخرى، فهي تتجلى كجسد يختلف تماما في التكوين عن النجم الذي تمزق في الفضاء، فتصبح مادة مكدسة إلى أكثر مما يتخيل الإنسان، ثم هي بعد ذلك تبعث لنا بنبضات قوية ومنتظمة ومتتابعة، وتختلف بذلك في طبيعتها عن الموجات التي تبعثها النجوم الحية. لقد حان الآن الوقت، لنناقش أغرب ظواهر الكون كافة... الثقوب السوداء.



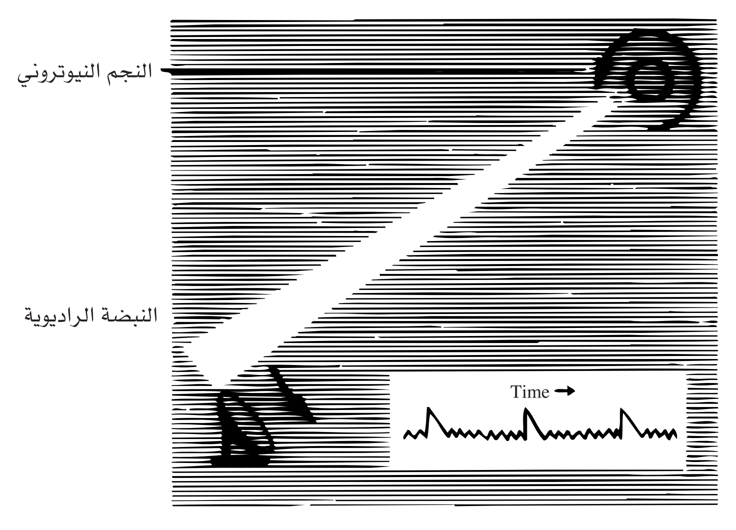

(33) قطاع من النجم النيوتروني




شكل(34): مقارنة بين أحجام الشمس والعملاق الاحمر والقزم الابيض والنجم النيوتروني ثم الثقب الاسود.



شكل(35): سديم السرطان




شكل(36): النبضات الراديوية للنجم النيوتروني تتولد بدوراته، فهي تشبه المنارة التي تعطي حزمة ضوئية ضيقة من الضوء، يتم التقاطها بالتلسكوب الراديوي.



شكل(37): قطاع في النجم النابض



شكل(38): المجرة الغامضة (ن ج س 5128) والتي تبعد عنا بمسافة 15 مليون سنة ضوئية وتصدر عنها نبضات راديوية قوية.

# الباب الثالث
# الثوب السوداء

# 7 مقدمة عن الثقوب السوداء

### المادة في الكون

المادة في الكون، رغم ما يبدو من تماسكها وهي في حالة الصلابة، عبارة عن فراغ كثير ومادة قليلة. وحتى على مستوى الذرة الفراغ فيها اكثر بكثير من المادة.

ويمكن أن نقول في تقريب ذلك للأذهان انه لو فرض أن كبرت نواة ذرة إلى حجم الكرة، وكبرت تبعا لذلك المسافات بين النواة والإلكترونات، التي تدور في أفلاكها، لكانت المسافة بين النواة وأقرب إلكترون قرابة 30 كيلو مترا أو تزيد. وهذه المسافة كلها فراغ.

وقد ذكرنا أن النجوم تولد وتموت، فماذا يحدث عندما يموت أحد هذه النجوم ؟. تؤكد إحدى التوقعات المثيرة للنظرية النقية العامة لاينشتين، على وجود ما يسمى بالثقوب السوداء Black Holes، فعندما يموت النجم تنهار مادته وتنطوي وتنكمش وتتراص فيصبح اصغر من حجمه الأصلي بملايين المرات. أي أن الفراغ في مادته يقل كثيرا وتتجمع المادة مع بعضها، وهذا يجعل قوى الجاذبية تزداد زيادة هائلة، حتى أنها تمنع كافة الجسيمات داخلها من الانفلات إلى الخارج. كما أنها تجتذب إليها أي

جسم يمر بالقرب منها، وحتى فوتونات الضوء تنجذب نحوها وتنحبس داخلها، ونتيجة لذلك لا يخرج منها ضوء وبذا تبدو سوداء.

حقا أن النجم عندما يموت ويصبح ثقبا أسود، يبقى هناك بكل كتلته المتكدسة، كما أنه يحيط نفسه بهالة سوداء وكأنها القبر الأسود، لا يخرج منه أي ضوء أو حركة أو مادة، لا شيء على الإطلاق سوى السكون والظلام. حتى الزمن يبطؤ فهو يتجمد في القبر الأسود ويتوقف.

وهكذا يبدو الثقب الأسود وكأنه قد سجن الضوء واعتقل الزمن أيضا، فلم يعد للزمن المعنى الذي عرفناه وألفناه. وتكون لدى الثقب الأسود قدرة- نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة-على التهام النجوم والكواكب من حوله وحتى التي تكبره بملايين المرات.

إن لغز تلك القبور السوداء في الفضاء، قد أصبح أعمق يجابه علماء الفلك، ليس في الوقت الحاضر فحسب، ولكن لسنوات طويلة قادمة أيضا. وبالنسبة لعلماء الفيزياء النووية، يعتبر الثقب الأسود حالة عجيبة تقلب قوانينهم رأسا على عقب، فالمادة التي تنهار لأحداث الثقب الأسود تختفي، كما نعرفها، ببساطة.

فالعالم الفيزيائي الذي يبحث في طبيعة الثقب الأسود لا يواجه تعقيدات المادة بجزيئاتها وذراتها وتركيبها النووي. ولكن هنا يثار تساؤل هو:

بما أنه لا يمكن رؤية الثقب الأسود أبدا، فكيف يقوم علماء الفلك بالاستدلال عليها الواقع أنهم يستدلون على الشيء من آثاره، فالهواء لا يرى وكذلك الجاذبية أو المغناطيسية، ولكن هذه الظواهر نعرفها من آثارها. وأيضا في حالة الثقب الأسود يعتمد العلماء على تأثير مجال جاذبيته الهائلة، وعلى سلوك المادة القريبة منه وانتشار الأشعة بجواره. إن رفات النجم المنهار، ليست رفاتا مادية، بل حالة مفردة غريبة ليس كمثلها شيء.

ولكن هل تموت النجوم حقا؟.

نعم تموت النجوم، كما يموت كل شيء في هذا الكون البدء، ولكل نجم عمر وأجل ويبقى وجه ربك ذي الجلال والإكرام. ويعبر علماء الفلك عن نظام الكون الرائع بمعادلات رياضية، وترشدهم هذه المعادلات إلى بعض أسرار الكون المثيرة، التي قد لا تتقبلها عقولنا في بعض الأحيان، مثل لغز

الثقوب السوداء.

فيستخدم العلماء المعادلات الرياضية، في تقدير أحجام النجوم والمجرات والمجموعات المجرية، ويحددون تفاعلاتها والسرعة التي تستنفد فيها مادتها، بالتفاعلات الحرارية والنووية.

كما يحسب العلماء الطاقات والنبضات التي تخرج من الأجرام السماوية، بمختلف أشكالها وأنواعها ودرجات حرارتها، والمادة المتحولة التي تتجمع في داخلها، ثم على المدى الطويل (ملايين السنين) تشل حياتها ثم تنهيها. ومن الظواهر والتفاعلات التي تحدث للنجوم خلال حياتها، يمكن التنبؤ بآجالها وطريقة موتها، والقدر الذي ينتظرها حتى بعد الموت. فأما أن تصبح أقزاما بيضاء أو نجوما نيوترونية أو ثقوبا سوداء.

## حد شاندراسيكار

إذن فليس كل نجم يموت تتجمع بقاياه في قبر أو ثقب أسود، بل أن الذي يحدد نوع قبره هو حجمه وطريقة حياته. وتبين نتائج النظرية، تركيب النجوم منذ مولدها حتى دخولها مرحلة التتابع الرئيسي، ثم مرحلة العمالقة الحمر.. وبعدها يتحدد مصير النجم حسب كتلته.

أن النجم عندما يصل إلى نهاية عمره الحراري-النووي، لا يستطيع أن يبلغ حالة توازن القزم الأبيض، إذا كانت كتلته اكبر من حد معين وضعه العالم شاندراسيكار، ومن ثم أطلق عليه حد شاندراسيكار Chandrasekhar Limit وهو يبلغ 4ر1 قدر كتلة الشمس. ولا يستطيع النجم أن يتقلص إلى نجم نيوتروني إذا تجاوزت كتلته 2 ، 3 قدر كتلة الشمس بل يتحول إلى ثقب أسود.

إذن فما هو مصير النجم، عندما يصل إلى نهاية عمره الحراري-النووي، وكتلته تتجاوز حد شاندراسيكار؟.

يكون الضغط الداخلي قليلا، ولا يستطيع دعم النجم، لذلك ينهار النجم. وهناك احتمال انه في أثناء الانهيار يحدث انفجار هائل يفتت النجم، ويلقي بمعظم كتلته في الفضاء.

وما بقي منه يتحول إلى نجم نيوتروني، أي تتكون مادته من جسيمات النيوترون فقط، بعد اتحاد الإلكترونات مع البروتونات، مكونة شحنة متعادلة

هي النيوترون.

وهذا ما حدث في سديم السرطان بمجموعة الثور، وشوهد بواسطة الفلكيين الصينيين في عام 1054 ميلادية. أما الاحتمال الثاني فهو أن ينهار النجم، انهيارا مطلقا نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة.. وعندها تختفي الفراغات النووية في الذرات، وتظهر المادة بصورة أخرى غريبة غير مألوفة لنا، لا ندري كيف نصفا.

ففي الثقوب السوداء تنهار الكيانات الذرية، وتتلاحم الجسيمات وتضيع الفراغات وتختفي الشحنات، فلا بد أن يتمخض كل هذا عن موت على مستوى النجوم. ولا تشذ شمسنا-وهي نجم متوسط من بين نجوم الفضاء- عن ذلك، وهل هذا يمني أن الشمس سوف تنهار يوما، وتموت وتتكوم على نفسها، وتتحول إلى ثقب أسود؟.

ستموت الشمس حقا بعد خمسة آلاف مليون سنة، ولكنها لن تتحول إلى ثقب أسود بل إلى عملاق أحمر ثم إلى قزم أبيض لان كتلتها أقل من حد شاندراسيكار.

## نصف قطر شفارزشيلد

إن النجم النيوتروني الميت-برغم كثافته وثقله الخرافي، حيث يبلغ وزن السنتيمتر المكعب الواحد منه حوالي مائة مليون طن، ولو مد طوله للشكل المعتاد، لبلغ حوالي عشرة كيلو مترات.

كل هذا، لا يقاس بالثقب الأسود. فالثقب الأسود أكثر كثافة وأثقل وزنا واعظم انضغاطا، وأقل حجما من النجم النيوتروني بحوالي ثلاث مرات.

وقد كان لأبحاث العالم الفيزيائي الألماني كارل شفارزشيلد، اثر في تفهم الكثير عن الثقوب السوداء، فقد انصب اهتمام هذا العالم على الأجسام الكروية الصغيرة ذات الكثافة العالية.

وقال ليثبت نظريته، بأننا إذا أخذنا الشمس-التي يبلغ نصف قطرها حوالي 700 ألف كيلو متر-وقمنا بضغطها دون أن نخفض من كتلتها، فان أشعتها ستجد صعوبة اكثر في الانطلاق منها، وعندما يتقلص نصف قطر الشمس إلى حد معين فان الضوء لن ينطلق منها على الإطلاق، وهذا الحد يمكن الوصول إليه بالمعادلة الذي أطلق عليها نصف قطر شفارزشيلد

Schwarzschild Radius(*). وإذا قمنا بحساب نصف قطر شفارزشيلد بالنسبة لكوكب الأرض، لمجرد التمثيل، حيث أن كتلتها $6 \times 10^{24}$ كيلو جرام. لوجدنا أنه-بالفرض المستحيل-لو تحولت الأرض إلى ثقب أسود لكان نصف قطرها 0,89 سنتيمتر. ولكن كوكب الأرض لن يصبح ابدأ ثقبا أسود، فالكواكب توابع للنجوم. ثم أن حياة الكواكب تختلف تماما، عن أسلوب حياة النجوم التي تتمثل في تفاعلات نووية-حرارية غاية في العنف والشراسة، تظل تحتدم في مركز النجم وسطحه فتلتهم كتلته كلما ازداد عمره، فإذا لم تجد ما تأكله حدث الانهيار التام ومات النجم في قبره، أما كقزم أبيض أو كنجم نيوتروني أو كثقب أسود.

وعندما يصبح نصف قطر النجم أقل من نصف القطر الحرج (حد شفارزشيلد)، تصبح قوى الجاذبية هي المسيطرة على جميع أنواع القوى الأخرى، وتكون هي العامل الذي يقوم بسحق المادة الموجودة داخل النجم المنهار.

## عندها تنتحر النجوم

بما أن كل نشاط النجم كان صراعا بين الجاذبية التي تعمل على تقليصه، وبين القوة النووية التي تعتبر عاملا على تمدده. نجد أنه في مرحلة الأقزام البيضاء كانت الغلبة للجاذبية، إذ أنها قلصت النجم حتى أصبحت ذراته

---

(*) نصف قطر شفارزشيلد = 2 ج ك س ض 2

حيث ج = ثابت الجاذبية (الذي يحدد مدى شدة الجاذبية).

ك = كتلة النجم الحالية.

س ض = سرعة الضوء في الثانية (300 ألف كيلو متر).

فإذا أخذنا الشمس كمثال:

$$\frac{2 \times 6,7 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{30}}{(3 \times 10^{8})}$$ = حوالي 3 كيلو متر.

فانه إذا أصبح نصف قطر الشمس حوالي 3 كيلو متر (نصف قطرها الآن حوالي 700 ألف كيلو متر) فلن ينبعث منها أي ضوء وتصبح ثقبا أسود.

وفي هذه المعادلة حسبنا كتلة الشمس بالكيلو جرامات.

($2 \times 10^{30}$) أي رقم اثنين وأمامها 30 صفرا.

حيث قيمة (ج) = $6,7 \times 10^{-11}$ جرام/ ثانية (رقم ثابت).

وقيمة (س ض) = $3 \times 10^{8}$ سنتيمتر / ثانية.

متلاصقة تقريبا، ولم يعد هناك مجال لأي تفاعل نووي، بعد أن أصبح النجم نعشا أبيض للعناصر الثقيلة.

وليس هناك من شك، في أن الأقزام البيضاء هي الخطوة الأخيرة في التطور النجمي. وتحت ظروف الضغط السائد في قزم ابيض، نجد أن التركيب الذري العادي يتحطم، فالإلكترونات قد أرغمت على الخروج من مستويات طاقتها العادية، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها، وتقلص فراغ الذرة وتقاربت جسيماتها الذرية الأولية في حيز ضيق كثيف، لدرجة أنها تفقد كثيرا من حرية حركتها، ولم تعد للمادة تصرفات الغاز، عندما كانت الذرات في حالتها العادية.

وقبيل تكون القزم الأبيض يكون هناك غطاء من غازات كثيفة بسمك يبلغ حوالي مائة كيلو متر، وفوق هذا الغطاء الغازي الغريب يوجد الغلاف الجوي المكون من الهيدروجين المتبقي ضمن تركيب النجم.

ولكن عندما ينهار النجم ويصبح قزما أبيض، ونظرا لان الجاذبية تؤثر على الغاز كما تؤثر على المادة الصلبة، نجد أن قوى الجاذبية الهائلة في القزم الأبيض تشد ذرات الغاز وجزيئاته في الغلاف الجوي إلى اسفل، ضاغطة إياها في طبقة لا يزيد سمكها في بعض الحالات عن ثلاثة أمتار. ويمكن أن يكون هذا الغلاف النجمي الذي يغطي القزم الأبيض، أكثف مليون مرة من الغلاف الجوي للأرض، ولا يستطيع أحد أن يتصور شكل غاز بهذه الكثافة، فهو ليس في حالة سائلة وإنما غاز كثيف لدرجة انه يتخذ شكلا غير مألوف لنا فوق كوكب الأرض.

أن ما يحدث في الأجرام السماوية الثقيلة جدا والمبنية من العناصر الثقيلة، هو أن وزن الطبقات الخارجية لهذه الأجسام يسبب ضغوطا كبيرة على مناطقها الداخلية. وهنا يجب أن ندخل في اعتبارنا عاملا هاما لنتصور ما سيحدث: إن مقاومة المادة للضغط لا يمكن أن تتجاوز حدا معينا ثم تنهار بعده، وهذا العامل يضع حدودا معينة للأبعاد الهندسية الممكنة للأجرام السماوية الباردة، فإذا زادت أبعادها عن ذلك حدث انهيار كامل.

ويجب ألا ننسى أن المادة مكونة من عدد كبير من الذرات المنفصلة، وفي حالة الصلابة تكون هذه الذرات اقرب ما تكون بعضها من بعض. والذرة

في الواقع مجموعات من الإلكترونات تحيط بالنواة المركزية، وتقاوم القوى الموجودة بين أجزاء الذرة أية محاولة لضغطها إلى الذرات المجاورة إذا كان الضغط عاديا، ولذا لا تسبب الضغوط على المواد الصلبة تغيرا في كثافتها. غير أن لكل مقاومة حدا لا تتجاوزه، يختلف قليلا باختلاف الذرات، فإذا تجاوز الضغط الواقع على الذرة هذا الحد تداخلت إلكترونات الذرة الواحدة في نطاق الذرات الأخرى، وهكذا تكبس الذرات كبسا شديدا كبيض في وعاء وضع فوقه حمل ثقيل.

وعندما تخترق الإلكترونات التابعة لذرة ما جوف ذرة أخرى، لا يكون ثمة وجود للمجموعات الإلكترونية في صورها العادية، فان (كبس) الذرات أو سحقها، ينشأ عنه خلية من النوى العارية التي تتحرك دون قيد مع الإلكترونات المنفصلة المندفعة بغير نظام.

ويطلق في علم الطبيعة، اسم المواد الغازية على المواد القابلة للضغط والتي تميل إلى الانتشار غير المحدود عند زوال الضغط الواقع عليها. ولذلك يمكن اعتبار المادة المسحوقة سالفة الذكر نوعا من الغاز، غير أن هذا النوع من الغاز لا يشبه مطلقا الغازات المألوفة لنا، إذ أنه-فضلا عن قابليته العالية للضغط-يشبه نوعا من المادة الصلبة اللزجة الثقيلة، كما أن التركيب الداخلي لهذه الحالة الغريبة للمادة يختلف كثيرا عن التركيب الداخلي للغازات العادية. ذلك أنها لا تمثل مجموعة من الذرات أو الجزيئات المنفصلة، بل تكون مزيجا غير منتظم من شظايا ذرية سريعة الحركة في مجال ضيق محصور جدا. ويجب أن نلاحظ أيضا أنه-كما أن تماسك الأجسام الصلبة المادية هو نتيجة لحركة الإلكترونات في مساراتها حول النواة-كذلك تتوقف مرونة المادة المسحوقة أساسا على الجزء الإلكتروني فيها لا النوى.

فحين تحيد هذه الإلكترونات عن مساراتها المرسومة داخل الذرات المنفصلة (بسبب عدم وجود مكان تتحرك فيه)، تحتفظ بطاقة حركتها وهي التي تسبب هذا النوع الجديد من الغاز الذي يطلق عليه اسم (الغاز الإلكتروني)، وقد أثبت العالم الإيطالي أنريكو فيرمي أن ضغط الغاز الإلكتروني-وبالتالي ضغط المادة المكبوسة-يزداد مع الكثافة بمعدل أكبر من الغازات العادية. ومن بين الأقزام البيضاء، واحد معروف جدا وهو أول

المكتشف منها وأشهرها، انه نجم الشعري اليمانية (ب)، وهو يرافق نجما أصليا هو الشعري اليمانية (أ)، وهذا الأخير هو المع نجوم السماء، ويبعد عنا 8,7 سنة ضوئية فقط وتبلغ كتلته حوالي ضعف كتلة الشمس. بينما يبلغ حجم القزم الأبيض (الشعرى اليمانية ب) جزءا من خمسين جزء من حجم الشمس، أما كتلته فتكاد تتساوى مع كتلة الشمس.

ونجم الشعرى اليمانية (ب) شديد الكثافة، حتى أننا إذا قمنا بوزن علبة ثقاب مملوءة بمادة الشمس لكان وزنها حوالي 15 جراما، أما إذا وزن نفس الحجم من مادة القزم الأبيض هذا، لبلغ وزنها حوالي 10 أطنان.

وبعد أن يصل النجم إلى مرحلة القزم الأبيض، فانه لا يستطيع الاستمرار في توليد الطاقة وذلك لأنه لم يعد يحتوي على وقود. ويبدأ في الدخول إلى مرحلة طويلة وبطيئة من التبريد المستمر، يشع فيها طاقته بتقتير شديد في الفضاء ثم يبرد نهائيا، ويموت بعد حياة حافلة دامت بلايين السنين. وعلى العكس من ذلك، قد يموت النجم ميتة عنيفة إذا احتدمت تفاعلاته النووية فحطمت نابض الجاذبية، وسببت تفكك أجزاء النجم.. وهذه الصيرورة الانفجارية الغريبة، تعني نهاية النجم تماما ويطلق عليها اسم (السوبرنوفا). ولكن المادة التي انطلقت في الفضاء الخارجي، لن تفنى إلى الأبد بل تعود لتحقن في مجرة كبذر جديد: أن إعادة الحقن هذه داخل مجرة معينة، عملية غاية في الأهمية بمظهرها الكيفي، ذلك أن المادة التي تبعثرها السوبرنوفا ليس لها في الحقيقة، نفس تركيب المجرة الأصلية. فالنجم الشاب كان جحيما من الهيدروجين، وفي نهاية صيرورته النيوترونية أصبح يحوى نسبا عالية من نوى العناصر الثقيلة.

إذن فنجوم السوبرنوفا المتفجرة، تقذف وترمي بالعناصر الثقيلة. وهذه الظاهرة الكونية العنيفة تعدل من نوع المادة الموزعة في المجرة (غبار ما بين النجوم)، والتي لم تتكثف بعد لتكوين نجوم وليدة. هكذا تلفظ النجوم مادتها في الفضاء، على أنماط مختلفة وفي مرات متعددة، وليست هذه الحركة وحيدة الاتجاه-أي من النجم إلى الفضاء الخارجي-بل أن هذه النجوم المتفجرة، حتى بعد تكوينها في البداية، تظل تتلقف المادة المجرية من الغبار الكوني ما بين النجوم، وكأنها تنقيه قبل أن يكون جزءا من النجم في لحظات ميلاده.

- والخلاصة، أن النجوم والوسط المجرى يغذي بعضها بعضا بصفة مستمرة، بواسطة تيار هائل ذي اتجاهين، تتميز فيه حالتان نهائيتان هما :
- حالة القزم الأبيض التي تتلقف المادة فقط.
- حالة السوبرنوفا التي هي قاذفة للمواد، وهي تقذف أثقالا لا يتصورها العقل من العناصر الثقيلة وبشكل مروع.

ولكن هل تتحول كل النجوم إلى سوبرنوفا؟

نظرا لعدم فهم ما يحدث أثناء انفجار السوبرنوفا، فان معظم الفلكيين يعتبرون هذه الظاهرة الكونية المثيرة نتيجة طبيعية لتطور النجم عندما تصل كتلته إلى 1,4 من كتلة الشمس (حد شاندراسيكار) أو يزيد. ويعتقد علماء الفلك بأن انفجار السوبرنوفا، يتأتى عندما ينضغط «قلب» النجم وهو في مرحلة الشيخوخة (أو مركزه)، بسبب الانكماش فتصل الكثافة فيه إلى حوالي مليون مرة مثل كثافة قلب الشمس، فبزيادة التقلص تسيطر قوى الجذب، وينهار القلب في زمن لا يمكن تصوره (حوالي عشر ثانية)، وتزداد الكثافة حتى تصل إلى درجة تقارن فيها مع كثافة نواة الذرة. وهذا يجعل المركز أكثف ملايين المرات مما كان عليه قبل الانهيار الآخر. ونظرا لعدم قدرة مركز النجم على الانكماش لأكثر من ذلك، فان المادة المنهارة بشكل خاطف إلى الداخل، ترتطم بمقاومة على شكل حائط غاية في الصلابة. ومن هذه الصدمة المفاجئة للمادة الساقطة تتحرر الطاقة من القلب. وتنتج موجة اصطدامية تتخذ طريقها إلى الخارج ممزقة لكتلة النجم بعنف انفجاري هائل.

ومن الممكن أن يكون هذا الانفجار إلى الخارج مروعا، لدرجة أن بعض المادة يطير أولا في الفضاء بسرعة تقرب من سرعة الضوء ولكن لا تساويها. وليست مادة النجم هي كل ما اضطرب واختفى في هذا الانفجار المروع الطاغي، فهناك مجالات مغناطيسية وفي كثير من الأحيان تكون مجالات قوية جدا، يقذف بها النجم فتستمر كعاصفة مغناطيسية هائلة في السحابة الغازية المتمددة. وتظل هذه السحابة دليلا على مكان النجم المتفجر لفترة طويلة، كما تستمر في إشعاع طاقة كهرومغناطيسية مثل أشعة اكس والموجات الراديوية وأشعة جاما، أي كما حدث في سديم السرطان.

ولكن ما الذي يحدث «لقلب» النجم الكثيف بعد حدوث السوبرنوفا؟

يعتقد علماء الفلك بأن «القلب» يستمر في الوجود، ولكن على شكل (نجم نيوتروني) حيث تنهار الفراغات النووية، وتتلاحم دقائق الذرات وتختفي الشحنات السالبة والموجبة، ولا يبقى سوى النيوترونات ذات الشحنات المتعادلة، التي تكونت من اندماج الإلكترونات (ذات الشحنات السالبة) والبروتونات (ذات الشحنات الموجبة) بسبب الضغط والجاذبية الهائلين. والنيوترونات هي تلك الجسيمات الأولية، الموجودة داخل نواة الذرة في الأحوال العادية مع البروتونات.

وقد لاحظ علماء الفلك في عام 1969، أنه يصدر من منطقة من الفضاء، يطلق عليها اسم (سديم السرطان) وتبعد عنا بحوالي 7000 سنة ضوئية، نبضات راديوية بالغة الشدة، فدرسوها بعناية وإمعان واتضح أنها تنبعث عن إلكترونات تنتقل بسرعة هائلة في حقول مغناطيسية، وأن سديم السرطان كما نراه الآن هو المنظر الذي بقي لنا، بعد أن شوهد الانفجار بتسعة قرون. وفي قلب هذه التشكيلة الكونية الغامضة، نجم نيوتروني صغير ربما كان هو ما تبقى من النجم الأصل، وكان هذا أول نجم نيوتروني يتم اكتشافه. وتبدو أهمية هذه الكارثة الكونية (السوبرنوفا) التي حدثت في سديم السرطان، في أنها تقدم لنا حوالي 10٪ من الإشعاع الكوني ذي الطاقة العالية، أي أشعة جاما.

وكانت الدراسات التي قام بها القمر الصناعي (المستكشف 2)، بالغة الأهمية حيث تبين أنه بينما يصل إلى الكرة الأرضية 370 وحدة ضوء (فوتون) في الثانية في المتر المربع، من سديم السرطان. فهناك 100 وحدة فوتون من الشمس، و 35 وحدة من مجرة المرأة المسلسلة (التي يطلق عليها اسم م 31 حسب كتالوج العالم شارل ميسيه)، والتي تبعد عنا مسافة تقدر بمليوني سنة ضوئية.

ولا يزال من غير المعروف-على وجه التأكيد-لماذا ينفجر نجم على هيئة سوبرنوفا، بينما يعاني آخر من انهيار تجاذبي مروع؟ إن الرأي الراجح لدى علماء الفلك، هو أنه يوجد عامل قاطع يؤثر في شكل النهاية التي تحدث للنجم ويؤدي إلى تحديد طريقة موته، إنها الكتلة وذلك الرقم السحري 4 ,1 قدر كتلة الشمس (أي حد شاندراسيكار)-فمن الناحية النظرية يمكن أن يحدث انفجار سوبرنوفا، إذا كانت كتلة النجم أقل من حد شاندراسيكار،

أما إذا زادت عن هذا الحد فان الارتفاع الهائل لجاذبية النجم، يرغم حتى فوتونات الضوء على عدم الإفلات من جاذبيته، بالرغم من الحقيقة المعروفة أن تأثير قوة الجاذبية على الفوتونات يكون في المادة بسيطا جدا.

ولكن الجاذبية الهائلة لنجم يتقلص، يجعل فوتونات الضوء تنحني في مدارات حول النجم، وتستمر في دورانها كطبقة سحابية خافتة. وفقط عندما يبلغ نصف قطر النجم، نصف القطر التجاذبي (حد شفارزشايلد)، تتمكن الفوتونات الضوئية-التي تنطلق عموديا على السطح-من الإفلات فتبقى كسحابة رقيقة حتى بعد أن يختفي عن الكون المرئي. ولكن بعد أن يجتاز النجم نصف القطر التجاذبي، لا تتمكن أية فوتونات أخرى من الإفلات. والاعتقاد السائد بين علماء الفلك، بأن نجما ما يعاني من انهيار تجاذبي هائل-الذي تؤيده نظرية فيزياء الجوامد-منطقي جدا، لان الانهيار التجاذبي (أي ميل المادة للسقوط في اتجاه مركز الجذب) هو أحد القوانين الفيزيائية الأساسية ويلعب دورا كبيرا في ميكانيكية الكون.

وطالما أن كتلة هذا النجم المتقلص، تزيد عن كتلة الشمس بأكثر من 4 ,1 مرة، فهناك احتمال بوصول النجم إلى نهاية حياته.. كثقب اسود.

### أفق الحدث Event Horizon

ما زال لغز الثقوب السوداء يحير علماء الفلك، ويبدو انه سيظل لغزا لعدد طويل من السنوات القادمة.. فهو اعمق أسرار الكون. إن الثقب الأسود «قبر» سماوي معلق في الفضاء، يعتبر من أغرب الظواهر الفلكية في الكون كله. ولم تناقش هذه الظاهرة المثيرة إلا خلال السنوات القليلة الماضية، ولكنها أصبحت في الوقت الحاضر من أكثر الموضوعات الفلكية إثارة للنقاش بين علماء الفلك.

وفي حقيقة الأمر أن فكرة الثقوب السوداء، كان قد تنبأ بها عالم الرياضيات الفرنسي بيير لابلاس Pierre Laplace في عام 1798. فقد اعتبر الضوء سيلا من الجزيئات الدقيقة، وباستخدام نظرية الجاذبية لاسحق نيوتن قال بأنه إذا وجد جسم بلغ من كثافته وكتلته حدا معينا، فانه سيصبح غير مرئي، ولن يتمكن حتى الضوء من الإفلات من سطحه. وبرغم اختلاف آراء لابلاس عن نظرية النسبية العامة لاينشتين General Relativity إلا أن

النتائج متشابهة. ولقد وضح لعلماء الفلك بأن الثقب الأسود، مساحة في الفضاء انهارت المادة فيها بحيث لا يتمكن الضوء أو أي مادة أخرى أو أي من الموجات أن تخرج من قبضتها. ولكن هذه المواد لا تشغل كل الحجم داخل الثقاب الأسود. ولعله من الواضح أن القوة التجاذبية للمواد المنهارة هي التي أدت إلى إنشاء الثقب الأسود، وطالما دخلت المادة النجمية داخل أفق الحدث Event Horizon (أي حافة الثقب الأسود)، فلن تؤثر مطلقا على حجم الثقب الأسود. إذن ما الذي يتحكم في حجم الثقب الأسود؟.

إن حجم الثقب الأسود يعتمد على كمية المادة داخل أفق الحدث، وليس على الحجم الذي تشغله تلك المواد. وهنا نعترف أنه من الصعب على العقل البشري أن يتقبل هذه الحقيقة. ولكي نستمر في مناقشة هذا الأمر، علينا أن نسأل أنفسنا: إذا استمرت عملية تدفق المادة النجمية إلى داخل الثقب الأسود، ألن يأتي الوقت الذي يمتلئ فيه الثقب حتى يزيد عن نصف القطر التجاذبي (حد شفارزشايلد)؟ هذا السؤال يبدو منطقيا للغاية، ولكن متى كان المنطق هو الأساس السائد في الثقوب السوداء.

وقبل أن نستطرد في البحث أكثر عن طبيعة الثقب الأسود، ومم يتكون. سنقوم بتحليل أول أجزاء الثقب الأسود: أفق الحدث. إن أفق الحدث هو حدود الثقب الأسود، ولا يمكن لأي شيء أن يخرج عن هذا الحد حتى ولا الضوء، أما خارج أفق الحدث فيمكن لبعض الضوء أن يتحرك إلى أعلى أو إلى داخل الثقب الأسود. وكلما كان مصدر الضوء بعيدا عن أفق الحدث، كلما زادت فرصة فوتوناته في عدم الانجذاب إلى عمق الثقب الأسود. أما عند أفق الحدث فان انبعاث الضوء سيتوقف، فهو لن يتحرك إلى أعلى بعيدا إلى الفضاء، أو يهبط إلى مركز الثقب الأسود.

ولو تصورنا الموقف السابق بالنسبة لجسم مادي (سفينة فضاء على سبيل المثال)، فان الأمر سيكون غريبا وبعيدا عن كل تصور، ذلك أن سفينة الفضاء لن تبلغ سرعتها سرعة الضوء، ومن ثم فان احتمال عدم التهامها بواسطة الثقب الأسود، هو قطعا أقل كثيرا من الاحتمال الذي يواجهه الضوء، مهما كانت المسافة من أفق الحدث. ولنتصور أيضا اختلاف وجهتي نظر شخصين، أحدهما يراقب الثقب الأسود من مسافة بعيدة جدا، وآخر يسقط في داخله مندفعا نحو المركز. وهذا الأخير لن يلاحظ شيئا غريبا

يحدث له، وهو يهبط مجتازا أفق الحدث (مع الافتراض المستحيل بأنه سيظل حيا واعيا لما يجري). ولو قام هذا الشخص بقياس سرعة الضوء عند أفق الحدث لوجده كالمعتاد (300 ألف كيلو متر في الثانية)، بالرغم من أن الشخص الذي يراقب الثقب الأسود من بعيد سيرى الضوء ثابتا واقفا غير متحرك.

أما بالنسبة للشخص الذي يهبط في عمق الثقب الأسود، فانه سيصل إلى المركز في وقت محدود-وهو عادة وقت قصير جدا-يعتمد على حجم الثقب الأسود. وفي واقع الأمر، فان الشخص الساقط داخل الثقب الأسود، سيتم فناؤه عن طريق قوى الجاذبية الهائلة قبل أن بصل إلى المركز. ولكن هذا لا يغير من المبدأ العام الذي قررناه سابقا، وهو أن أية جسيمات تسقط داخل الثقب الأسود ستصل إلى مركزه في وقت يبدو أنه محدود Finite.

وبالرغم من هذا، فان الشخص الذي يرصد الثقب الأسود من بعيد، سيرى الأمر مختلفا. فحيث أن نظرية النسبية العامة لاينشتين، تقرر بأن الزمن يتباطأ بالنسبة لمادة تتحرك بسرعة كبيرة، وأيضا بالنسبة لشيء يتعرض لجاذبية شديدة. وهكذا فمن وجهة نظر المراقب الخارجي، فان الشخص الذي يتجه إلى الثقب الأسود، كلما اقترب من أفق حدثه تباطأ الزمن، بالنسبة للراصد الخارجي، حتى يصل الشخص إلى أفق الحدث نفسه، وهنا يتوقف الزمن تماما. هنا سيرى الراصد الخارجي الشخص الهابط إلى الثقب الأسود، وهو يقترب أكثر فأكثر من أفق الحدث، ولكنه لن يجتازه مطلقا، وفلك لان زمن الشخص الهابط قد توقف من وجهة نظر الراصد الخارجي.

إن المثال السابق مجرد مثال نظري، ذلك أنه من الناحية العملية لن يتمكن المراقب الخارجي من رؤية أي ضوء يصدر من أفق الحدث (حدود الثقب الأسود)، وذلك بسبب ما يسمى بظاهرة الإزاحة الحمراء التجاذبية Gravitational Red Shift.

ويقصد بظاهرة الإزاحة الحمراء التجاذبية، انتقال خطوة الطيف في اتجاه تناقص أطوال الموجات، فكلما اقترب مصدر الضوء (في مثالنا الشخص الهابط والمسلط عليه الضوء)، من أفق الحدث ستزداد ظاهرة

الإزاحة الحمراء، وسيقل الإشعاع الذي يراه المراقب الخارجي. وعند الوصول إلى أفق الحدث فان الإزاحة الحمراء ستصبح لا نهائية، ومن ثم لن يرى أي إشعاع. بمعنى آخر فانه كلما ازدادت الإزاحة الحمراء (اتجاه الطيف نحو اللون الأحمر)، كلما قل إشعاع الضوء المسلط على الشخص الهابط نحو الثقب الأسود، حتى يخفت تماما ويصبح غير مرئي.

ومن وجهة نظر الشخص الهابط، فسيقول بأنه سيصل إلى مركز الثقب الأسود في وقت محدد، أما بالنسبة للمراقب الخارجي فسيدعى انه يلزم وقت لا نهائي لاجتياز أفق الحدث.

وهنا نتساءل: أيهما على حق؟ الإجابة على هذا السؤال: كلاهما على حق. آخذين في الاعتبار أنه حسب نظرية النسبية العامة لاينشتين، ليس هناك شيء مطلق فيما يتعلق بالزمن أو الفضاء. فكلا من الشخصين على حق حسب ما يرى.

يتضح لنا الآن، أنه عند أفق الحدث-تلك الحدود غير المرئية للثقب الأسود-على الجسم أن يبلغ سرعة الضوء حتى يتمكن من الهروب من مصير الالتهام داخل الثقب الأسود. وحيث أن الأجسام المادية-حسب النظرية النسبية-لن تصل إلى هذه السرعة الهائلة، فان أفق الحدث يعتبر طريقا بلا عودة، ونقطة إذا تعداها الجسم لن يعود مرة أخرى، بل سيسحق ويفنى داخل الثقب الأسود.

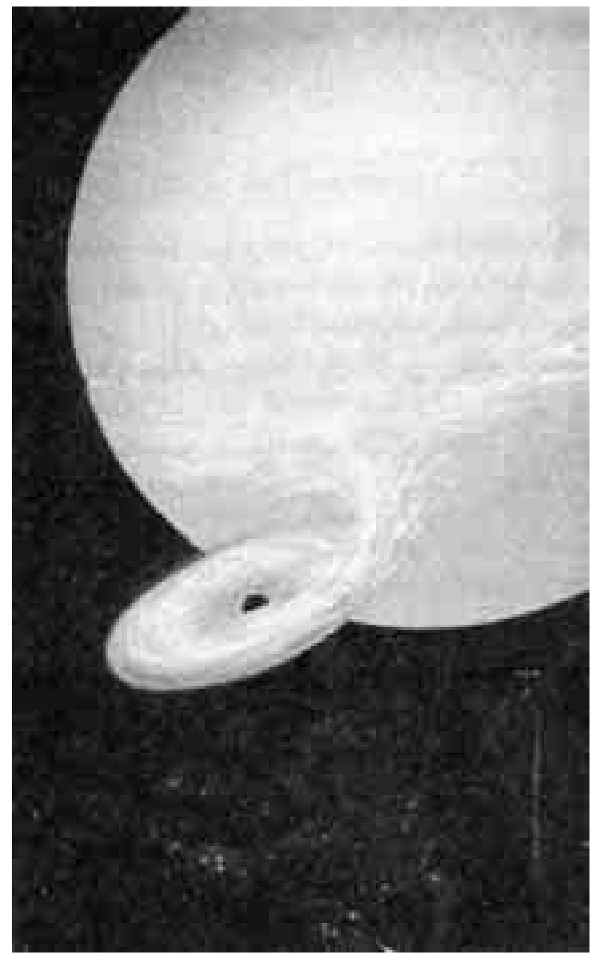
أما الحوادث التي تقع على سطح أفق الحدث للثقب الأسود، فيمكن للراصد الخارجي أن يراها، أما تلك التي تحدث في عمق الثقب الأسود، فلن يتمكن من رؤيتها أي أن حدود رؤيته تتعلق بمستوى أفق الحدث.

### فكرة الزمن والمكان Spacetime Idea

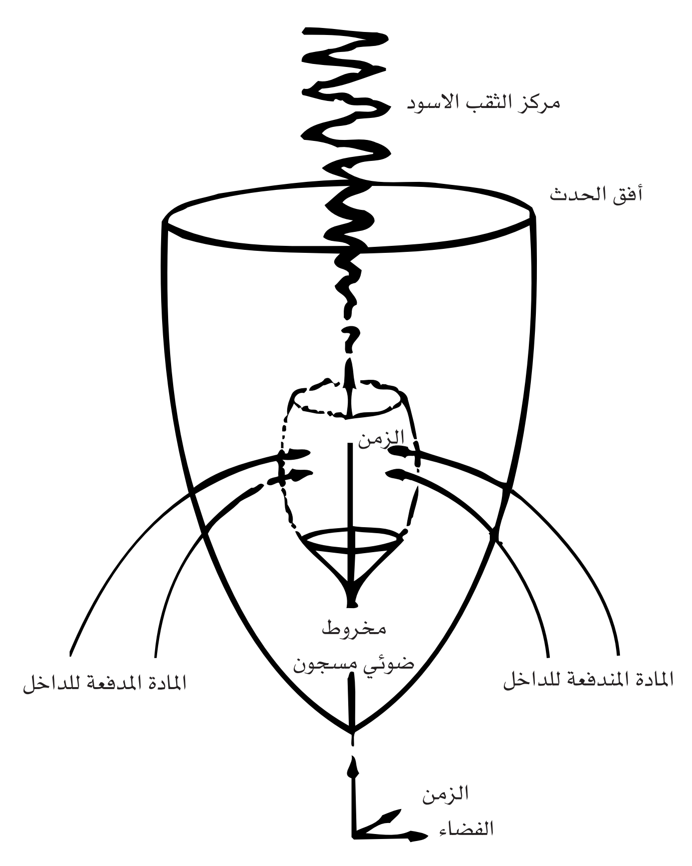
لقد استعان أينشتين في نظرية النسبية العامة، بفكرة الزمن والمكان، والتي تتعلق بارتباط الأبعاد الأربعة (الطول والعرض والارتفاع والزمن)، أي ثلاثة إحداثيات مكانية وأحداث زمني لتحديد الحدث. وهذا الارتباط بين الزمن والمكان، ضروري لفهم طبيعة الكون. فالزمن يمكن اعتباره كبعد رابع، ولكي يتم ذلك لا بد أن يكون الزمن عموديا على كل الأبعاد الثلاثة الباقية (الطول والعرض والارتفاع).

وتحدثنا أيضا النظرية النسبية العامة عن تحدب الزمن والمكان Curvature وإحدى نتائج تحدب الزمن والمكان، هي انحراف ضوء النجم المار على حافة الشمس والذي يمكن قياسه أثناء حدوث الكسوف الكلي للشمس.

ويعتبر تحدب الزمن والمكان في نصف القطر التجاذبي (حد شفارزشايلد) للثقب الأسود، محدودا. ولكن هذا التحدب يزداد باطراد، كلما اقتربنا من مركز الثقب الأسود Singularity، وهذا يعني أن المادة التي انهارت تنضغط وتكبس إلى أن تصبح كثافتها ما لا نهاية في المركز. وتصف نظرية النسبية العامة مركز الثقب الأسود بأنه منطقة يختلط فيها الزمن والمكان، وتخرق فيها كل النظريات الفيزيائية، حيث توجد قوة لا نهاية لها من الجاذبية على شكل مد وجزر بالإضافة إلى المادة المنهارة.



شكل(39): الثقب الاسود يلتهم نجما هائلا




شكل(40) : ميلاد الثقب الاسود

# 8 داخل الثقب الأسود

## المد والجزر في الثقب الأسود Black Holes Tides

لكي نتفهم آثار المد والجزر الهائلين في الثقب الأسود، علينا أن نتخيل تأثير الجاذبية الجبار على عالم فيزيائي أخذ على عاتقه، مهمة السقوط داخل أفق الحدث ثم إلى عمق الثقب الأسود. مما لا شك فيه أن قدميه ستكونان اقرب إلى الثقب من رأسه، وأيضا ستكون قوة الجاذبية الهائلة التي تجذب قدميه أكثر من تلك القوة التي تجذب رأسه. والفرق بين هاتين القوتين هو ما يسمى بالمد والجزر التجاذبي Tidal Gravitational Force. ونتيجة لهذا الفرق سيتعدد العالم المسكين طوليا إلى حدود كبيرة جدا، ثم يأخذ في الهبوط في الثقب الأسود مارا بأفق الحدث ومندفعا نحو المركز. وأثناء ذلك تأخذ قوى الجذب بالضفة عليه، فيسحق جسمه ويصغر حجمه إلى حد أن يصبح غير مرئي، ويتبع ذلك أن تنحل جزيئاته وذراته، وتختلط الإلكترونات في ذراته بأنويتها. وبالطبع سيموت المسكين قبل ذلك بكثير من جراء تمدد طوله وما يسببه ذلك.

ويكون العامل الأول في تلاشي هذا العالم الفيزيائي المسكين، كامنا في قوى المد والجزر

الهائلة، التي تزداد كلما اقترب الجسم العادي من مركز الثقب الأسود. وظاهرة المد والجزر معروفة فوق سطح الكرة الأرضية، بتأثير القمر والشمس ودوران الأرض، على البحار والمحيطات والأنهار. وهي لا تمثل أي خطر على الإنسان إذ أن تأثيرها ضعيف للغاية عليه. أما بالقرب من الثقب الأسود أو في داخله، فقوى المد والجزر هائلة بلا حدود.

وتعتبر قوى المد والجزر هي الظاهرة التي يتميز بها الثقب الأسود، والذي عن طريقها يمكن مراقبته ودراسته. فبينما تنجذب إليه الغازات تقوم قوى الجاذبية والمد والجزر بضغطها، وكنتيجة لهذا ترتفع درجة حرارتها، فيتولد عنها إشعاع ذو طاقة عالية مثل الأشعة السينية (أشعة اكس) التي يمكن عن طريق التقاطها معرفة مكان الثقب الأسود، ولكن يجب أن نأخذ في حسابنا، أنه ليست كل مصادر الأشعة السينية ثقوبا سوداء.

## دراسة أفق الحدث

يؤثر الثقب الأسود في الزمن والمكان بطريقتين: فجاذبيته الهائلة تعوق مرور الإشارات منه إلى أي مصدر خارجي، كما أن مرور الوقت بالقرب من الثقب الأسود يتباطأ بشكل غريب. إن أفق الحدث هو حد الثقب الأسود، الذي يليه العمق المجهول الذي يغرق فيه أي شيء مادي إلى الأبد، بدون عودة إلى العالم الخارجي. وأفق الحدث يتخذ الشكل الكروي، ويعتمد نصف قطره على كتلة الثقب الأسود. وبالتأكيد فان نصف القطر هذا صغير جدا، لأنه يتناسب مع حجم الثقب الأسود الضئيل. ويسمى نصف قطر أفق الحدث أيضا (حد شفارزشايلد) ويبلغ حوالي 3 كيلو مترات، لكل كتلة مثل كتلة الشمس. أي إذا تحول نجم تبلغ كتلته 10 أمثال كتلة الشمس إلى ثقب اسود، فان أفق الحدث يكون نصف قطره 30 كيلو متر (3 كم x 10) وهذه المساحة البسيطة لا تكاد ترى في الفضاء الفسيح.

وإذا حدث ورأى شخص ما الثقب الأسود وهو يتكون. فسيشاهد تقلص النجم في وقت قصير جدا، ثم يبدأ الضوء الصادر من النجم في الإزاحة نحو اللون الأحمر، وذلك كلما اقترب ذلك النجم من أفق الحدث، وتكون خطوة الطيف هنا معتمة، وفجأة عندما يقترب النجم في تقلصه إلى حد

كبير من أفق الحدث، يبطؤ تقلص النجم لان جاذبيته ستجعل كل حركة تبدو وكأنها تعرض بالتصوير البطيء، حين يراقبها راصد من بعيد. ويبدو أن التقلص قد تجمد تماما عندما يكاد يصل إلى أفق الحدث.

ومقدار الانزياح نحو الأحمر يزداد في هذا الوقت (خطوط طيف معتمة)، حتى أن النجم يبدو أسود اللون، وسيتجمد التقلص عندما يزداد مقدار الإزاحة الحمراء. ولان النجم يشع ضوءه على شكل فوتونات، فسيأتي الوقت الذي يرسل فيه النجم آخر فوتون من الضوء إلى الفضاء الخارجي. وتوضح الدراسات الفلكية الحديثة، أن الفوتون الأخير الذي يشع من نجم تبلغ كتلته 10 أمثال كتلة الشمس، يستغرق زمنا يقل عن واحد في المائة من الثانية الواحدة، وذلك بعد أن يجتاز نصف قطر شفارزشايلد، فيصبح النجم أسود اللون-لعدم إشعاعه أي ضوء-ويتجمد تقلصه. ولهذا يطلق على الثقوب السوداء: النجوم المتجمدة.

وهكذا يتضح من مناقشتنا السابقة أن أفق الحدث يمثل حدودا للثقب الأسود، ولا يمكن رؤية أي شيء يحدث هناك حيث لا تصدر من هذه المنطقة أية فوتونات للضوء، وكلما اقتربنا من أفق الحدث يبطؤ الزمن حتى يتجمد. وهكذا يمثل أفق حدث الثقب الأسود، أحد الغاز الكون الغامض. ولكي يمكن أن نوضح ماذا يحدث عند الاقتراب من أفق الحدث، لنأخذ مثالا: فلنفترض أنك تريد أن تجتاز أحد الأبواب، وأنت تقف على بعد ثلاثة أمتار منه، وتريد أن تصل إلى الباب ولكن عليك أن تقطع نصف المسافة في كل مرة.. فالخطوة الأولى ستأخذك مترا ونصف المتر نحو الباب، وهكذا ستحقق تقدما نحو هدفك، ولكنك لن تجتاز الباب أبدا إذا ما ابتعدت هذه القاعدة-قطع نصف المسافة المتبقية-دائما للوصول إلى هدفك.

فالخطوة الثانية ستنقلك 75 سنتيمترا والثالثة 37,5 سنتيمترا والرابعة 18,75 سنتيمترا.. وسيظل دوما هناك مسافة أو نصف مسافة مهما صغرت بينك وبين الباب. أي انك لن تحقق هدفك في اجتياز الباب، ولكنك ستقترب منه فقط مع كل خطوة.

ونفس هذه القاعدة السابقة، تحدث عند مراقبتك لشخص ما يدخل أفق الحدث للثقب الأسود، فسيبدو لك أنه يأخذ وقتا طويلا بلا حدود، إذ تبطؤ حركته مع مرور الزمن كلما اقترب أكثر من أفق الحدث، حتى يبدو

مجمدا تماما في وقت ما من وجهة نظر الراصد الخارجي.

وإذا كنا نراقب الثقب الأسود من بعيد، فان أفق الحدث يبدو مكانا غريبا جدا، حيث أن فكرة توقف الزمن في هذا الموقع، يتناقض مع الرأي السائد عن مرور الزمن في هذا العالم.

## عندما يدخل الضوء إلى أفق الحدث

اتضح لنا أن أفق الحدث هو حدود الثقب الأسود، ولا تستطيع أية إشارات أن تهرب من داخله إلى الخارج، ولكنها يجب أن تندفع نحو مركز الثقب الأسود. ولو فرضنا أن الضوء يتجه إلى أفق الحدث في شكل كرات صغيرة تتوسطها نقط سوداء يطلق عليها اسم (مقدمة الموجة Wave Front). وعلى بعد كبير من الثقب الأسود، نجد أن النقطة السوداء تتوسع كرة الضوء الصغيرة ولكن كلما اقتربت من الثقب الأسود تغير موضعها بسبب الجاذبية الهائلة التي تتعرض لها. وبمجرد دخول كرة الضوء إلى أفق الحدث، لن تستطيع الخروج بل تندفع إلى مركز الثقب الأسود.

## داخل الثقب الأسود

لنا الآن أن نتساءل: ما الذي يوجد في مركز الثقب الأسود؟ لو فرضنا أن هناك سفينة فضاء قد أمكن لها اجتياز أفق الحدث، إلى داخل الثقب الأسود فأنها ستجذب بعنف هائل إلى المركز.

وبينما هي تقترب من مركز الثقب الأسود، تزداد قوى تيارات الجذب حتى أنها تسحق تماما، قبل أن تصل فعلا إلى المركز.

ويمكن لسفينة أن تقاوم هذه الجاذبية الهائلة، بأن تعمل على تشغيل صواريخ محركها في محاولة للهروب من تأثير التيارات المدية المروعة، ولكنها لن تستطيع أن تفعل شيئا سوى أن تؤجل مصيرها المحتوم لفترة قصيرة جدا، قد تبلغ جزءا من الثانية. وتقدم لنا النظرية النسبية العامة لاينشتين، فكرة عما يوجد في مركز الثقب الأسود، تلك المنطقة التي تحوى من الظواهر ما لا يصدقه عقل.

ففي هذا المركز تتراكم كل مادة الثقب الأسود، حيث ينعدم الحجم ويصبح مساويا للصفر، وتكون كثافته غير محدودة، وتيارات المد والجزر لا

نهائية. وأفق الحدث ليس له أي تأثير على الفضاء الخارجي، طالما أن أي شيء يدخله لن يخرج منه مطلقا. وهذا ينطبق أيضا على عمق الثقب الأسود، فهو معزول عن الكون بواسطة أفق الحدث.

وكل ما يسقط في الثقب الأسود يفقد هويته، أيا كان نوع المادة المسحوقة في ذلك المكان الغريب من الكون، حيث لا تسود أية قوانين فيزيائية معروفة.. ففي الثقب الأسود لا يمكن تمييز أية مادة، حيث أن المادة تتكون من جزيئات وذرات تفصلها فراغات، ولكن في تلك القبور السوداء تختفي كل صفات المادة، وحتى لا تكون هناك موجات أو طاقات. لان هذه الموجات أو الطاقات تنبعث من المادة، إذا أثيرت بعوامل ومجالات معينة، وعلى ذلك لا يوجد في عمق الثقب الأسود سوى السكون والصمت القاتل.

وهكذا تجذب الثقوب السوداء أية سفينة فضاء، قد يوقعها سوء حظها بالقرب منها، فإذا زاد اقترابها من هذا اللغز الفضائي، فإنها لن ترتطم بسطح الثقب الأسود (أفق الحدث)، بل ستهوى داخله بسرعة هائلة بفعل مد وجزر الجاذبية اللانهائية في مركز الثقب الأسود. ولن تسحق المادة المكونة لسفينة الفضاء، ورواد الفضاء داخلها، فحسب. بل ستختفي في جزء من الثانية. وسيحدث هنا أمر غريب. فالمادة التي سحقت وتفتت، ومع ذلك فهي موجودة بمادتها، أي أن المادة قد تضاءلت إلى حد أنه لا يمكن رؤيتها، حتى بأقوى المجاهر الإلكترونية التي تكبر الأشياء مئات الألوف من المرات. وبرغم أن المادة التي انهارت إلى عمق الثقب الأسود، قد أصبحت غير مرئية إلا أنها موجودة بكل ثقلها.

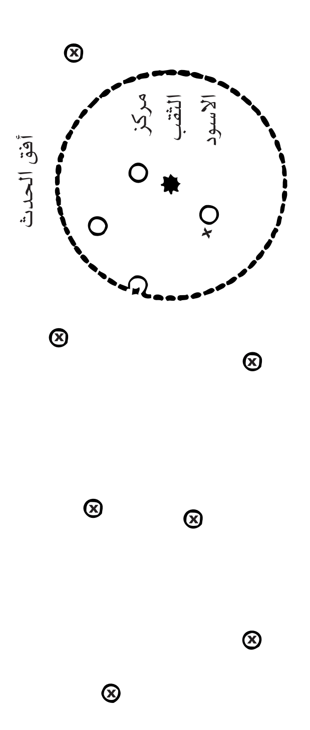
## دورة حياة النجوم

قبل أن نستمر في تحليلنا للثقوب السوداء، دعونا نتذكر حياة النجوم منذ مولدها حتى موتها: منذ لحظات ميلاد النجم ومعظم الغاز الذي يدخل في تكوينه هو الهيدروجين، مخلوطا بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الأثقل منه. وكلما ازدادت الكتلة كلما قصر الوقت اللازم لإتمام مرحلة النجم الأولى، فالنجم كبير الكتلة يمكنه بسبب شدة مجال جاذبيته، إنجاز ميلاده في وقت قصير نسبيا. ويتطلب نجم كتلته مثل الشمس حوالي 50 مليون عام من بداية الانكماش حتى بداية اشتعال العمليات

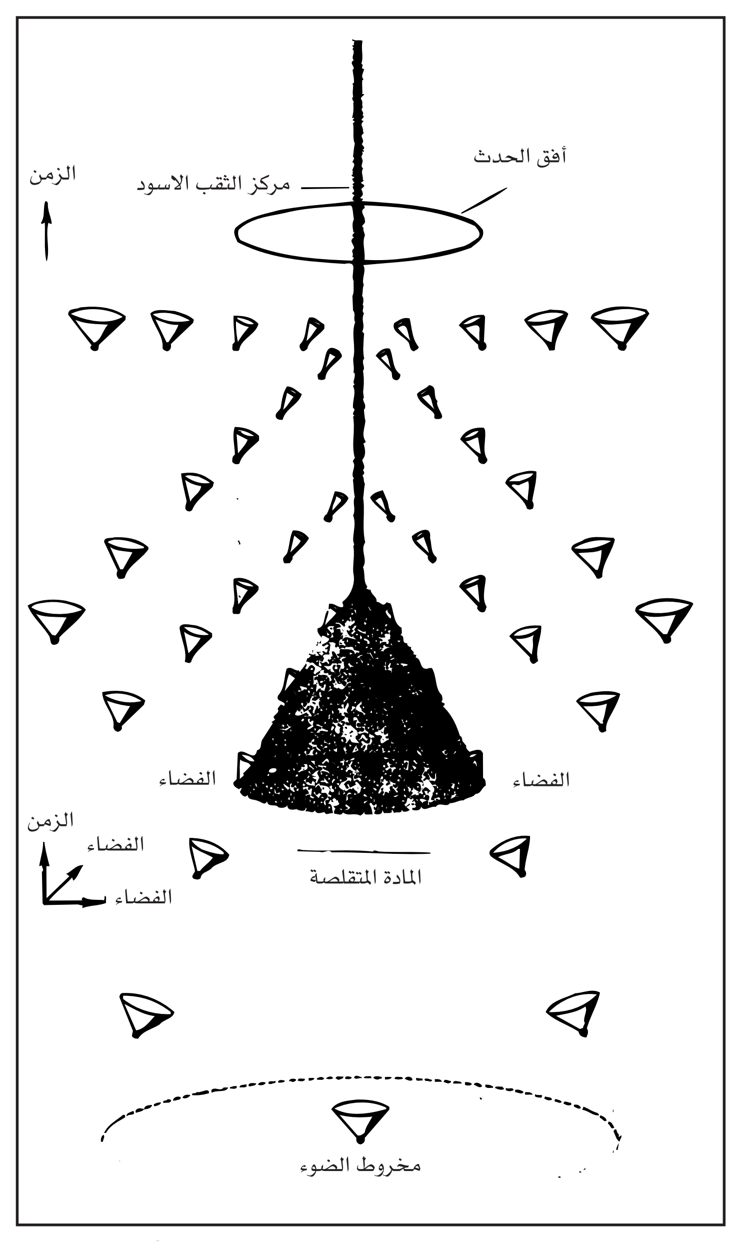
النووية الحرارية في قلبه، بينما نجم أكبر كتلة من الشمس بعشر مرات يقطع نفس المرحلة في نصف هذه المدة الزمنية. أما النجم الذي تبلغ كتلته 0,2 كتلة الشمس، فيتطلب زمنا يصل إلى نصف بليون سنة.

وتبدأ التفاعلات النووية داخل النجم، عندما يصل تقلصه إلى حد معين وتكون درجة حرارته الداخلية حوالي نصف مليون درجة مئوية، وعندها يتحول الهيدروجين إلى هليوم بالاندماج النووي. وعندما تصل درجة الحرارة في داخل النجم إلى حوالي ثمانين مليون درجة مئوية، يدخل الهليوم (أي ناتج اندماج الهيدروجين) في تفاعل نووي حراري متحولا إلى عناصر أخرى أثقل. ثم يأتي الوقت الذي يتعادل فيه ضغط الحرارة العالية في داخل النجم مع قوة الجاذبية، وهكذا يتوقف الانكماش ويدخل النجم إلى مرحلة التتابع الرئيسي، ويصبح النجم كآلة معلقة في الفضاء تشع الضوء، وقودها هو مادتها. وفي نهاية حياة النجم يكون قد استهلك كل وقوده النووي، ومن ثم لن يستطيع الاحتفاظ بحرارة كافية في باطنه للإبقاء على طبقاته الخارجية وهكذا ينكمش مرة أخرى. وإذا ترك النجم جثة صغيرة، فان هذا الجسم الميت يستطيع أن يحمي نفسه من التقلص أكثر، وذلك لان ضغط الانحلال هذا لا ينتج عن الحرارة، فسيستمر تأثيره حتى لو انخفضت درجة حرارة النجم.

وتنتهي حياة النجم ذي الكتلة الصغيرة كقزم أبيض، أو نجم نيوتروني. أما إذا زادت كتلة النجم عن حد حرج معين، فان ضغط الانحلال يفقد مفعوله بسبب ثقل النجم، وهكذا لا يستطيع الاحتفاظ بكتلة النجم كما هي، ومن ثم يتحول النجم إلى ثقب أسود.




شكل(41): عندما يدخل الضوء الى أفق الحدث




شكل(42): انهيار المادة وتكوين الثقب الاسود

# ٩ البحث عن الثقوب السوداء

### أين تختفي الثقوب السوداء؟

يبدو أن أكثر الطرق منطقية لإيجاد الثقوب السوداء-حسب أحدث النظريات الفلكية-هي أن نبحث-عن جثث النجوم التي تزيد كتلتها عن ثلاثة أمثال كتلة الشمس. ولكن الصعوبة التي تقابل علماء الفلك، هي أن هذه الثقوب السوداء لا يمكن رؤيتها. فكيف إذن يتم اكتشافها؟ إن علماء الفلك يعتمدون على الآثار التي تحدثها الثقوب السوداء فيما حولها، ومن ثم يقولون بأن هناك احتمالا بوجود الثقاب الأسود في مكان ما في الفضاء.

أما الآثار التي تنبئ عن وجود الثقوب السوداء، فهي قدرتها الغريبة على التهام كل ما يقترب منها من أشياء، وأيضا إمكانها جعل النجوم الهائلة-التي تكبرها بملايين المرات-تتخذ لها مدارا حولها. وحتى ولو كان الثقب الأسود غير مرئي في عمق الفضاء الحالك، فان بعض النجوم عندما تدور حول شيء ما لا يمكن تمييزه بدقة، فأغلب الظن أنه ثقب أسود. ولكن كيف يمكن أن نرصد نجما على بعد سحيق (ربما آلاف السنوات الضوئية)، ونعرف بأنه يدور حول شيء ما غير مرئي؟ هناك في واقع الأمر سؤالان أساسيان يجب الإجابة عليهما:

- كيف نعرف أن النجم يتخذ له مدارا؟

- كيف نوقن أن رفيق النجم هو جسم فضائي غير مرئي، وليس مجرد نجم باهت يحجبه عن النظر، ضوء النجم الأصلي الذي يمكننا رؤيته؟

للإجابة على كل من السؤالين، علينا أن نقوم بتحليل طيف النجم الأصلي. ذلك أن ضوء النجم-مثل ضوء الشمس-مكون من عدة ألوان هي ألوان قوس قزح، ولكي نقوم بتصوير طيف النجم علينا أن نحلل أولا ضوءه إلى الألوان المختلفة، حسب طول موجاتها ثم نقوم بتصوير النتائج.

فكل ما نريد معرفته عن النجم يمكن الحصول عليه من تحليل طيفه ولونه، لان الرسائل التي نتلقاها من النجوم عبارة عن إشعاعات-أشعة جاما والأشعة السينية وفوق البنفسجية وأشعة الضوء والأشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية-وأكثر ما يميز طيف النجوم هو تلك الخطوط السوداء التي تتخلله، والتي تدل على أن ضوءا أقل يشع في لون معين بالذات، ذلك أن لون الضوء في الطيف يتباين من اللون الأزرق (إلى أقصى اليسار)، واللون الأحمر (إلى أقصى اليمين). وتوجد هذه الخطوط السوداء بسبب أن ذرات خاصة في طبقات النجم العليا، تمتص بعض الضوء فيبدو موقع ما امتص في الطيف كخطوط سوداء.

ولكن ما الذي يمكن أن تدلنا عليه هذه الخطوة السوداء؟ بتحليل أشكال هذه الخطوط السوداء، يمكن أن نعرف أي نوع من النجوم يشع هذا الضوء، وأيضا يمكن معرفة درجة حرارة النجم وحجمه وشدة لمعانه Luminosity. فدرجة حرارة النجم هي العامل الرئيسي التي تحدد شكل طيفه، ومن ثم فقد تم ترتيب النجوم في نظام يسمى التتابع الطيفي Spectrum Sequence.

وأصبح علم التحليل الطيفي فرعا لا غنى عنه من فروع علم الفلك، وقد بنيت على اكتشافات هذا الفرع، النظريات الحديثة عن الكون. وقد رمز للأنواع الطيفية-كما سبق وبينا-بالحروف اللاتينية التالية: O B A F G K M N وكل حرف منها يدل على مرتبة خاصة من النجوم، يمكن تحديد نوعها من طيفها. على أن يبين الحرف الأول O على أكثر النجوم سخونة، أما الحرف N فيشير إلى أقل النجوم حرارة.

وفي شكل رقم (44)، نجد طيفا لنجم من مرتبة A (مثل نجم الشعري اليمانية)، تختفي فيه الخطوط السوداء، لان درجة حرارة النجم عالية

جدا. وأيضا في الشكل (44)، نجد أن الطيف لنجم مرتبة G (مثل الشمس) وأن الخطوة السوداء التي تتخلله من الناحية اليسرى، ناتجة عن وجود ذرات كالسيوم التي توجد عادة في نجوم درجة حرارتها مثل الشمس.. ولكن تحليل طيف النجوم يمكن أن يكشف لنا عما هو أكثر من درجة الحرارة. ففي السنوات الأخيرة، تقدم علم التحليل الطيفي إلى الحد الذي أمكن باستخدامه، تقدير حجم النجم أيضا ومقدار لمعانه.

- ويمكننا الآن أن نجيب على السؤال الثاني وهو: كيف نعرف أن رفيق النجم هو ثقب أسود أم مجرد نجم خافت؟. علينا أولا أن نحدد درجة لمعان هذا الرفيق الغامض، لان حرارة النجم تقرر أيضا مدى لمعانه، فنجم من مرتبة A أشد لمعانا من نجم من مرتبة G مائة مرة، ونجم من مرتبة G أشد لمعانا من نجم من مرتبة M مائة مرة أيضا. ولكن كيف نعرف أن رفيق النجم موجود أصلا؟.

حيث أننا لسنا على مسافة قريبة منه حتى يمكننا بالرصد المباشر أن نتأكد من وجوده، ومن ثم يجب أن نعتمد على التحليل الطيفى لهذا الرفيق، لنكشف سره الغامض عن طريق استخدام إزاحة دوبلر.

### إزاحة دوبلر Doppler Shift

إن تغير اللون أو طول الموجة في مواقع الخطوط السوداء في طيف النجوم التي يمكن رصدها، هي التي تحدد أن النجوم تتخذ لها مدارا. وهذا التغير في اللون يسببه ما يسمى بإزاحة أو أثر دوبلر.

تسمى الإزاحة في طول موجة الضوء لأحد النجوم، عندما يتحرك في اتجاه الأرض أو بعيدا عنها، باسم أثر أو إزاحة دوبلر. وحيث أن الضوء يتحرك في شكل موجات، فان هذه الموجات تبدو أطول بالنسبة للنجم الذي يبتعد عن الأرض، ولما كان طول موجة الضوء الأحمر أكثر من طول موجة الأضواء الأخرى المرئية، فهناك دائما إزاحة نحو طرف الطيف الأحمر للنجم الذي يبتعد.

أما بالنسبة للنجم الذي يتحرك في اتجاه الأرض، فستبدو الموجات أقصر وستكون الإزاحة في اتجاه الطرف الأزرق من الطيف. ويشير مقدار الإزاحة في أي من الاتجاهين، إلى سرعة النجم في الاقتراب أو الابتعاد.

وإذا قام أحد علماء الفلك بتحليل طيف أحد النجوم في أوقات مختلفة-عندما يتحرك ناحية الأرض وهو يتخذ مدارا حول رفيقه الخفي-سيجد أن خطوط الطيف ستتحرك إلى اللون الأزرق. وعندما يمر النجم بين الأرض والرفيق الخفي، فلن يلاحظ أية إزاحة، أما عندما يبتعد النجم عن الأرض مستكملا دورته حول رفيقه الخفي، فسيلاحظ ذلك العالم الفلكي كإزاحة نحو اللون الأحمر في الطيف.

وعندما يترابط نجمان ويتكون منهما نظام مزدوج يطلق عليهما اسم النجوم المزدوجة Binary، والمزدوج هو نجم يدور بصحبة آخر حول مركز ثقل مشترك، وقد لا يقتصر هذا الاقتران فقط على نجمين، فهناك أنظمة تحتوي على ثلاثة حتى سبعة نجوم، وفي حالات أخرى على آلاف النجوم. واصطلاح النجوم المزدوجة يدل فقط على نجمين مترافقين، أما ما زاد عن نجمين فهو نظام عديد النجوم أي متعدد أو مركب.

إن تقلص أي نجم ليكون ثقبا أسود، لا يعني اختفاءه من الوجود برغم أنه سيصبح غير مرئي. فالنجم يظل محتفظا بمجاله التجاذبي، ومن ثم فالثقب الأسود-الذي يكون جزءا من نظام نجمي مزدوج-له نفس التأثير على حركة النجم الآخر، وهذا يعني أن نظام النجوم المزدوجة هي أنسب الأماكن للبحث عن الثقوب السوداء. حيث يستدل العلماء على وجود نجم خفي لا يعطي أي إشعاع ولكن كتلته-التي يمكن معرفتها بدراسة حركة النظام الثنائي-تزيد على ثلاثة كتل شمسية.

وهناك طريقتان يمكن بهما رصد النجوم المزدوجة ودراستها، ففي بعض حالات النجوم القريبة يمكن أن تظهر المجموعة المكونة من نجمين، خلال التلسكوب بوضوح فنستطيع دراستها بالرصد المباشر. وفي حالات أخرى-بالنسبة للنجوم البعيدة-نستخدم التحليل الطيفي للتحقق من وجود الرفيق الخفي للنجم المرئي، والذي ربما يتضح أنه ثقب أسود.

## الأشعة السينية (x) والثقوب السوداء

بحث علماء الفلك عن كل الرسائل، لكي يتأكدوا من وجود الثقوب السوداء. وكان من أهم الصعوبات التي واجهتهم هو عدم تمكنهم من التفريق بين الثقب الأسود وأي نجم عادي تغلفه طبقات غازية كثيفة. وقد اتضح

لعلماء الفلك بأنه إذا اقتربت أية غازات أو غبار كوني من الثقب الأسود، فستسحق وتزداد كثافتها بفعل الجاذبية الهائلة. وعندما تضغط هذه الغازات تزداد درجة حرارتها، وتستمر في الارتفاع كلما ازداد ضغط هذه الغازات، وهكذا تتسارع ذراتها في الاندفاع في شكل دوامة إلى الثقب الأسود. وتكون هذه الدوامة المكونة من الغازات المضغوطة والساخنة، قادرة على إصدار الأشعة السينية عندما تقترب بمسافة كافية من مصيرها المحتوم، أي من أفق الحدث للثقب الأسود.

فإذا كان هناك ثقب أسود في مكان ما بالفضاء، وحدث أن اقتربت منه مجموعة من الغازات السابحة في الكون، واندفعت إليه بفعل جاذبيته الجبارة، وبينما هي تتسارع إلى داخله، وقد انضغطت وارتفعت درجة حرارتها، تصدر أشعة سينية. وهكذا بدأ العلماء في استخدام ما يسمى بعلم فلك الأشعة السينية X-Ray Astronomy وذلك بغرض تتبع تلك النبضات التي ترسلها الغازات الهاوية، في شكل دوامات هائلة تتسارع إلى الثقب الأسود، كمحاولة منهم للبحث عن هذا اللغز الغامض في الكون.

## علم فلك الأشعة السينية

أصبح علم فلك الأشعة السينية، يمثل الأسس الهامة التي يعتمد عليها علماء الفلك في البحث عن الثقوب السوداء. وفي عام 1960، كان العلماء يتلقون الأشعة السينية الهابطة من الفضاء، بواسطة أجهزة رصد ترسل أعلى من الطبقة الجوية للكرة الأرضية، في صواريخ أو بالونات خاصة، وذلك لان الأشعة السينية تمتص في جو الأرض ولا تصل إلينا. وكانت هناك صعوبة بالغة تقابل علماء الفلك في هذه التجارب، فقد كانت الصواريخ لا يمكن لها تلقي الأشعة السينية اكثر من خمس دقائق فقط، وهي الفترة التي يبقاها الصاروخ مرتفعا فوق جو الأرض.

وكان مجموع الفترات التي أمكن للصواريخ تسجيل نبضات الأشعة السينية فيها، حوالي ساعة واحدة وهي مدة لا تكفي للقيام بأية دراسات جادة عن الكون. وفي عام 1969 تجاوزنا عهد الصواريخ، وذلك بإطلاق القمر الصناعي أوهورو Uhuru، لتلقي الأشعة السينية من الفضاء. ويعتبر هذا القمر الصناعي، من أهم المراصد الفضائية التي تم تشييدها في

تاريخ العلم الحديث، وقد اشتق اسمه من مكان ووقت إطلاقه: فقد تم إطلاقه من ساحل كينيا بأفريقيا في عيد استقلالها الخامس. وكلمة (أوهورو) باللغة السواحلية معناها (الحرية). واستطاع هذا المرصد الطائر أن يمسح منطقة واسعة من الفضاء، وهكذا أمكن له أن يحدد مكان 161 مصدرا نابضا بالأشعة السينية، ومنها.. مصدر في مجرتنا. ويعتقد علماء الفلك بأن هناك احتمالا كبيرا بأن تكون هذه المصادر الفضائية، النابضة بالأشعة السينية، ثقوبا سوداء.

## نجم الدجاجة اكس- 1 00 أول ثقب اسود؟

لم يكف علماء الفلك عبر القرون عن تصميم أجهزة فلكية، لمحاولة الكشف عن أسرار الكون. وقد أدخلوا التحسينات المختلفة على المناظير (التلسكوبات) من عدسات بدائية في عهد جاليليو، إلى مرصد بالومار (عدسته حوالي خمسة أمتار) بالولايات المتحدة.

كذلك قام العلماء بتحليل الضوء الأبيض إلى أجزائه، بواسطة أجهزة تحليل الطيف. وأخيرا أضافوا منظارا بالغ القوة، يمكنه استراق السمع إلى النجوم التي تبعد عنا بلايين السنوات الضوئية... انه المنظار الراديوي. ويعنى علم الفلك الراديوي بفحص الفضاء، عن طريق تجميع الإشارات اللاسلكية التي ترسلها الكواكب والنجوم بمختلف أشكالها وحجومها وأنواعها، وقد أنشأت الهيئات العلمية في كثير من بلاد العالم، هوائيات هائلة مصوبة إلى النجوم تتسع لنبض الأجرام السماوية محاولة معرفة بعض أسرارها الغامضة. وقد قام علماء الفلك الراديوي-من أجل التقاط الأصوات الخافتة الصادرة من الفضاء-ببذل مجهودات شاقة، لتحسين أجهزتهم التي تتكون من طبق هائل لتركيز الموجات على الهوائي الفعلي الموجود في مركز الطبق، ثم تكبر الموجات أولا على جهاز استقبال، وترسل بعد هذا إلى جهاز كومبيوتر لإزالة التشويش، وأخيرا يدون جهاز التسجيل الإشارات على مخطط بياني، حيث يفحصها علماء الفلك الراديوي.

وقد أماطت أبحاث علم الفلك الراديوي Radio Astronomy عن كثير من الظواهر، التي لا يمكن للمناظير العادية (البصرية) أن تراها، مثل سحب الغاز الكوني الداكنة التي تتخلل المسافات بين النجوم، وكذلك المجرات

البعيدة جدا إلى درجة أنها لا تكتشف إلا عن طريق الموجات اللاسلكية (الراديوية) التي تصدرها.

ولا شك أن علم فلك الأشعة السينية، هو أحد امتدادات علم الفلك الراديوي ومن ثم سنأخذ بعض الأمثلة للتجاوب التي تجرى على المصادر التي تبث الأشعة السينية، في محاولة للبحث عن الثقوب السوداء. ومن أكثر ما يحير علماء الفلك في الوقت الحاضر هذا السؤال:

- هل نجم الدجاجة اكس-١- Cygnus X هو أول ثقب أسود اكتشف؟.

تبدأ قصة هذا التساؤل في عام 1965، عندما اكتشف نجم الدجاجة اكس-١ ، أثناء مرحلة إطلاق الصواريخ لتلقي الأشعة السينية من الفضاء الخارجي. وكما يتضح من اسم هذا النجم، فهو من أوائل مصادر الأشعة السينية التي تم اكتشافها، ومنذ تحدد مكانه في الفضاء وهو يثير حيرة علماء الفلك، من حيث طبيعته إذ أنه لا يمكن رؤيته باستخدام أي تلسكوب بصري، برغم أنه يقع في مجرتنا. واستطاع علماء الفلك الراديوي في عام 1969، معرفة المزيد عن هذا النجم الغامض (الدجاجة اكس-١)، فقد تغيرت قوة نبضات الأشعة السينية التي تصدر منه.

وفي عامي 1971، 1972 حدث تطور هام في رصد هذا النجم. فخلال شهري مارس وأبريل 1971 اكتشف القمر الصناعي (أوهورو)، نقصا ملحوظا في قوة إصدار الأشعة السينية من نجم الدجاجة اكس-١، وظهر فجأة مصدر راديوي في نفس مكان هذا النجم الغامض.

واستخدمت أقوى المناظير الراديوية في البحث عن هذا المصدر الراديوي ولكن دون جدوى، ثم اتضح فيما بعد أمر غريب، إن كلا من الأشعة السينية والموجات الراديوية تنبعثان من نفس المصدر. وأهمية هذا الاكتشاف تكمن في أن الموجات الراديوية، يمكن قياسها بدرجة أدق من الأشعة السينية.

وبهذا تم التأكد بأن هناك نجما هائلا يدور بالقرب من المصدر (الدجاجة اكس-١)، وأمكن بواسطة التحليل الطيفي معرفة الكثير عن هذا النجم الذي أطلق عليه اسم هـ د أ 226868 HDE 226868 وهو الرقم الذي وضعه له العالم هنري درابر في كتالوج التصنيف الطيفي)، وهذا النجم الهائل من المرتبة الطيفية الساخنة ولونه أزرق، ويقع في مجموعة الدجاجة Cygnus ويبعد عنا بحوالي 6500 سنة ضوئية.

وفي عام 1971 اكتشف علماء الفلك في اليابان، إن الأشعة السينية من المصدر (الخفي الدجاجة اكس-1) تخفق بسرعة كبيرة جدا، وهذا يعني أن هذا المصدر الفضائي الذي يرسل الأشعة الستينية، كثافته عالية جدا، ومن ثم فقد زاد احتمال أن يكون النجم الدجاجة اكس-1 ... ثقب أسود. وهنا بدأ علماء التحليل الطيفي عملهم، وبحثوا عن أي آثار لإزاحة دوبلر في طيف النجم الهائل هـ د أ 226868، واتضح لهم أنه يدور مدفوعا بقوة جاذبية جبارة لرفيق خفي، هو الدجاجة اكس-1.

إذن فنظام النجم هـ د أ 226868، هو نظام مزدوج (أي نجمان يدوران حول بعضهما)، وبلغ من شدة اقتراب هذا النجم من الثقب الأسود، أن تغير شكله إلى الشكل البيضاوي، كما أخذت مادته تندفع إلى الثقب الأسود في شكل دوامة وبمجرد اقترابها منه، يصدر عنها الأشعة الستينية، كما يتضح من الشكل.

وفي بعض الأحيان، تكون النجوم المزدوجة قريبة جدا من بعضها من زاوية الرؤية، حتى أن المسافة بينهما قد تكون أقل من عشر ثانية من الدرجة، وعندئذ لا يستطيع أقوى تلسكوب أن يفرق بينهما. ولولا أثر دوبلر لما أمكن اكتشاف طبيعة هذا الازدواج، ولحسب العلماء أن ما يرون هو نجم واحد لا نجمان.

ففي النظام الثنائي إذن، يدور النجمان حول مركز مشترك، ويحدث وضع يقترب فيه أحدهما من الأرض بينما يبتعد الآخر عنها. وفي هذه اللحظات تنزاح خطوط الطيف القادمة من النجم المقترب، انزياحا طفيفا إلى جهة اللون الأزرق (أقصى اليسار من الطيف)، كما تنزاح خطوط طيف النجم المبتعد إلى اللون الأحمر (أقصى اليمين من الطيف). وعلى ذلك، فان طيف هذا النجم الثنائي يظهر مزدوجا مرتين في أثناء كل دورة، ومن قياس الازاحات الطفيفة في الخطوة الطيفية، قياسا دقيقا يستطيع علماء الفلك أن يحبسوا سرعة كل من النجمين.

وفي أحوال نادرة، نجد أن أحد النجوم المزدوجة يمر أحيانا أمام رفيقه فيحجب ضوءه ويخسفه. والثنائي المنخسف يعطينا ثروة من المعلومات، لان الخسوف عندما يحدث يدلنا على أننا ننظر إلى المدار من الجنب، فالانحراف إذن أصبح معروفا. ومن انزياح خطوط الطيف فيه، يمكن أن نعرف شكل

المدار وحجمه الصحيحين، ويمكن أن نحسب أيضا كتلة كل من النجمين بدرجة دقيقة، وبالإضافة إلى ذلك، فانه عندما ينخسف النجم نستطيع أن نعرف حجمه وشكله ولمعان سطحه.

لقد ساد الاعتقاد في وقت ما، بأن النجوم المزدوجة قد نشأت من اقتناص نجم لآخر يمر بجانبه، وإرغامه على الدوران حوله. ولكن من المعروف فلكيا في الوقت الحاضر، أن مثل هذا الحادث أمر غير ممكن، لان القوانين الفيزيائية لا تستطيع أن تفسر إمكان وجود وسيلة لامتصاص الاندفاع الهائل عند مرور نجم بآخر. وهناك رأي آخر بأن النجوم المزدوجة، قد نشأت عن انقسام نجم أولى كبير إلى نجمين، ولا يزال هذا مجرد احتمال. غير أن الاعتقاد العام السائد بين علماء الفلك في الوقت الحاضر، هو أن النجوم المزدوجة قد تكونت في نفس الوقت ومن نفس تكاثف الغبار والغاز الكونيين، وأنهما يتساويان في العمر.

والنوع الشائع من النجوم المزدوجة، مكون من نجم تتابع رئيسي أزرق يرافق أما قزما أبيض أو ثقبا أسود، أي أن أحدهما قد تطور بسرعة أكثر من الآخر. أما بالنسبة للثنائي المزدوج هـ د أ 226868 والمصدر الدجاجة اكس-١، فهناك بعض الخطوة الإضافية في الطيف ناتجة عن تقارب هذا النظام المزدوج تقاربا شديدا. ففي النقطة التي يكادان يتلامسان فيها، يندفع تيار من الغاز من النجم إلى المصدر الذي يظنه العلماء ثقبا أسودا. ويظل يتدفق باستمرار في شكل لولبي في طريقه إلى داخل الثقب الأسود، مكونا اسطوانة كثيفة من الغاز حوله.

ويؤثر الثقب الأسود على النجم العملاق، بتيارات جبارة وفي نفس الوقت يتمدد أحجم ليتحول إلى عملاق أحمر. وبينما هو يحاول التمدد يلتهم الثقاب الأسود طبقاته العليا، ومن ثم يبدو أن كميات هائلة من الغازات تندفع من سطح النجم هـ د أ 226868، إلى الثقب الأسود لتكون حوله طبقة كثيفة من الغاز، تزداد انضغاطا وهي تسقط داخله على شكل دوامة، فيصدر عنها الأشعة السينية.

وفي نهاية عام 1972، اكتشف علماء الفلك دليلا آخر يثبت أن المصدر الدجاجة اكس-١ هو ثقب أسود، وليس نجما نيوترونيا كما كان يظن العلماء. فقد اتضح أن النجم هـ د أ 226868 والذي يمكن رؤيته بالتلسكوب، تبلغ

كتلته حوالي 30 مرة قدر كتلة الشمس وبتحليل الرفيق الغامض (الدجاجة اكس-1)، اتضح أن كتلته تتراوح بين خمسة وثمانية مرات قدر كتلة الشمس.

ولكن النجم النيوتروني لا يمكن أن يزيد عن ثلاثة أمثال كتلة الشمس وربما أقل، ومن ثم فقد رجح علماء الفلك بأن المصدر الدجاجة أكس-1، ذلك الرفيق الغامض الذي يكون نظاما مزدوجا مع النجم العملاق هـ د أ 226868هو ثقب أسود.

## الثقب الأسود الصغير Mini Black Hole

يقول بعض علماء الفلك بأنه لو لم تكن مجرتنا تدور، لتحولت منذ زمن بعيد إلى ثقب أسود هائل. ولم ينقذنا من هذا المصير إلا مدارات النجوم في المجرة، مما يوازن قوة الجاذبية مع مركزها.

ولكن احتمال تكون ثقوب سوداء من مجرات كاملة منهارة، هو احتمال وارد. ومن ناحية أخرى، تنبأ عالم فلكي شهير (ستيفن هاوكنج من جامعة كمبردج)، بإمكان وجود ثقب أسود صغير جدا، وأوضح أيضا بأن كلا من الكثافة وتيارات الجاذبية، تزداد مع صغر حجم الثقب الأسود.

فعلى سبيل المثال-وكما بينا من قبل-أن الشمس إذا تحولت إلى ثقب أسود (حسب معادلة شفارزشايلد) لأصبح نصف قطرها 3 كيلو متر فقط، وبنفس المقاييس ستصبح الكرة الأرضية حوالي 1 سنتيمتر، وفي هذه الحالة ستصبح كثافة الأرض، أكبر مائة بليون مرة من كثافة الشمس وهي ثقب أسود. وباستخدام فكرة الثقب الأسود الصغير، أمكن لبعض علماء الفلك (جاكسون وريان بجامعة تكساس) في عام 1973، من تفسير الحادث الغامض الذي وقع في (تانجوسكا) بسيبريا في الاتحاد السوفيتي.

## ماذا حدث في تانجوسكا؟ Tunguska Event

أن العلماء حتى الآن ما زالوا حائرين أمام ما حدث في (تانجوسكا) بالمستنقعات المنعزلة في شمال سيبريا، الساعة السابعة والنصف من صباح يوم 30 يونيو (حزيران) عام 1908. ففي هذا اليوم سمع الأهالي-في نطاق مساحة يبلغ قطرها حوالي 1280 كيلو مترا-صوت انفجار مروع، اقتلع الأشجار وحولها إلى فحم وأزال الغابات من مناطق شاسعة وقضى على حيوانات

الأيائل في تلك المساحة. وقد قدرت قوة هذا الانفجار الهائل بحوالي عشرين قنبلة هيدروجينية.

وقال الأهالي بأنهم شاهدوا شيئا لامعا أزرق اللون، يتحرك فوق رؤوسهم من الجنوب الشرقي، وكان يتساقط منه الشرر ويخلف وراءه ذيلا من الدخان. وعرف الجميع أن حادثا ما قد وقع في الشمال، ولكن أحدا من الناس لم يستطع اختراق المستنقعات الوعرة ليعرف حقيقة ما حدث. وبعد تسعة عشر عاما، ذهبت أول بعثة علمية لمحاولة التعرف على أسباب هذا الانفجار الذي روع المنطقة كلها، وقد تعجب علماء البعثة عندما لم يجدوا فوهة كبيرة مكان الانفجار، إذن فسبب التدمير ليس نيزكا كما كان يعتقد العلماء من قبل.

وقد وجدت هذه البعثة عددا كبيرا من الحفر الصغيرة الملأى بالماء في منطقة الانفجار كلها، ولكن الدراسة الممعنة في الدقة، دلت على أنها لم تكن فوهات نيزكية وإنما كانت تشكيلات طبيعية، نشأت عن تحركات الجليد الدائم تحت السطح ولا أثر لأية بقايا من النيزك. وثارت المناقشات طويلا بين علماء الفلك، حول ما حدث في تانجوسكا. وكان هناك رأي يقول، بأن السبب يرجع إلى نيزك هائل، أحدث كل هذا الدمار وسبب الانفجار.

وأحدث رأي يحاول تفسير ما حدث في تانجوسكا، هو ما كتبه العالمان الفلكيان جاكسون وريان من جامعة تكساس في مقال بمجلة (الطبيعة) في شهر سبتمبر (أيلول) عام 1973. فقد أوضح المؤلفان أن سبب الانفجار، هو اصطدام الأرض بثقب أسود غاية في الصغر قدرا نصف قطره بحوالي واحد من مليون من السنتيمتر، وله قوة جاذبية هائلة التأثير، وعندما اقترب من الكرة الأرضية بسرعة أكبر من سرعة الفرار منها، اصطدم بها ثم اخترقها، واختفى مرة أخرى في الفضاء.

وقد تسبب مرور هذا الثقب الأسود الدقيق في جو الكرة الأرضية، حدوث هذا الانفجار وظهور اللون الأزرق أثناء اندفاعه من الفضاء إلى الأرض. وعاد العالمان ليؤكدا بأن الثقب الأسود قد عاد مرة أخرى، منطلقا من أسفل شمال المحيط الأطلنطي عند خط عرض 40-50 شمالا، وخط طول 30-40 غربا. وفي هذه المنطقة لا بد أنه قد حدثت هزات أرضية واضطرابات شديدة في المحيط. وبالرغم من أن احتمال اصطدام كوكب

الأرض بثقب أسود، هو احتمال يكاد يكون مستحيلا، إلا أن تفسير حادث تانجوسكا بتأثير ثقب أسود صغير جدا، يبدو أمرا مثيرا. ولنفرض جدلا أن هذا هو ما حدث فعلا، فما الذي كان يمكن أن يحدث لو كان الثقب الأسود قد اندفع إلى الأرض بسرعة أقل من سرعة الإفلات Escape Velocity (أي السرعة اللازمة للإفلات من جاذبية الأرض)؟.

الإجابة: حدوث كارثة فظيعة. فبعد اصطدام الثقب الأسود بسطح الكرة الأرضية، لن يخترقها إلى الفضاء مرة أخرى، بل سيستقر في باطنها ويأخذ في التهام المواد من حوله مستخدما قوة جاذبيته الهائلة. وسيتم التهام كوكب الأرض في وقت طويل وذلك لصغر حجم الثقب الأسود، ولكن قوته في الابتلاع ستزداد كلما كبر حجمه، أي أنه إذا استقر ثقب أسود في مركز كرتنا الأرضية، فاختفاء كوكبنا أمر لا يمكن تلافيه.

## الثقوب السوداء.. والطاقة

قد تمدنا الثقوب السوداء بتفسير لمصادر الطاقة الغامضة في الكون، فنحن نعلم الآن انه لا يمكن خروج أي شيء من أفق الحدث (أي حدود الثقب الأسود)، ولكن كيف يمكن تلقي الطاقة (الأشعة السينية) من المواد التي تندفع داخله.. فهل نستطيع إيجاد الوسائل التي يمكن بواسطتها الحصول على الطاقة من الثقوب السوداء؟.

لنأخذ مثالا واقعيا-في حياتنا اليومية-حتى يمكن الإجابة على هذا السؤال. إن الشمس تحول ما يقرب من أربعة ملايين طن من المادة إلى طاقة كل ثانية، كنتيجة للتفاعلات النووية الحرارية التي تجري في باطنها.. وكفاءة هذه التفاعلات في الشمس، أقل من ١٪ أي أنه من بين كل مائة طن من المادة، يتحول أقل من طن واحد إلى طاقة. ولنقارن ذلك مع المادة التي تندفع بشكل دوامة إلى داخل الثقب الأسود، باعثة طاقة أثناء انهيارها. وقد أوضحت الدراسات أن حوالي 6٪ من هذه المادة تتحول إلى طاقة، وبمعنى آخر، فان المواد التي تنهار داخل مركز الثقب الأسود أكثر كفاءة وقدرة على تحويل المادة إلى طاقة، بالمقارنة بالتفاعلات النووية الحرارية في نجم متوسط كالشمس. وتتعلق نسبة الـ6٪ بالثقوب السوداء غير الدوارة أي الثابتة Stationary ولكن في الواقع أن الثقوب السوداء التي تنشأ عن

النجوم المنهارة، يجب أن تدور بسرعة كبيرة وتبلغ فيها كفاءة تحويل المادة إلى طاقة حوالي 43٪. وهذه النسبة المرتفعة جعلت علماء الفلك يظنون بأن الثقوب السوداء، هي التي تزود بالطاقة أشباه النجوم (الكوازرات).

وناقش العلماء أيضا الرأي القائل بأن هناك ثقبا أسود هائلا في مركز مجرتنا، تبلغ كتلته بين عشرة آلاف ومائة مليون مثل كتلة الشمس. فقد اتضح وجود مصدر للطاقة في هذه المنطقة، على شكل نبضات راديوية وأشعة تحت الحمراء.

- وإذا كان هناك ثقب أسود هائل في مركز مجرتنا، فكيف يمكن أن نقوم بدراسته؟.

أن علماء الفلك يعتمدون على النبضات الراديوية والأشعة تحت الحمراء، لإعطائهم فكرة عما يوجد في مركز مجرتنا. وهذه الإشعاعات لا بد لها من مصدر للطاقة، وقد قال بعض العلماء بأن الموجات تحت الحمراء (الموجات الحرارية) تصدر من سحابة هائلة من الغبار الكوني، ولكن هذا لا يفسر مصدر الطاقة. إذ لا بد من عامل يرفع درجة الحرارة في هذا الغبار الكوني حتى يكون قادرا على إصدار الموجات تحت الحمراء. فهل هناك ثقب اسود هائل في مركز مجرتنا يمكن أن يكون مصدرا للطاقة لهذه السحابة الهائلة؟ قام العالم الفلكي جوزيف ويبر بجامعة ميرلاند، بابداء بعض الآراء حول هذه المشكلة. فقد وجدت موجات تجاذبية Gravitational Waves تأتي من مركز مجرتنا، وهذه الموجات يمكن اعتبارها اضطرابات في مجالات الجاذبية التي تنطلق بسرعة الضوء (الضوء ايضا هو اضطراب ذو طبيعة كهرومغناطيسية).

ولنفرض أن هناك عاملا كونيا مجهولا قد دمر الشمس، فلن نعرف ما حدث إلا بعد ثماني دقائق، وهو الوقت اللازم للضوء لكي يقطع المسافة بين الشمس والأرض، وعلى ذلك سنرى الشمس تضيء لمدة ثماني دقائق قبل حدوث التدمير. وستمر ثماني دقائق قبل أن ندرك اختفاء مجال الجاذبية للشمس، مما سيؤدي إلى توقف الأرض عن الدوران حولها وانطلاقها إلى أعماق الفضاء.

وبمعنى آخر، فان اضطراب الجاذبية (اختفاء الشمس في مثالنا)، سيأخذ نفس الوقت الذي يستغرقه الضوء للوصول إلى كوكب الأرض.

وتنشأ موجات الجاذبية من انفجارات السوبرنوفا أو من سقوط المادة بكميات هائلة في الثقوب السوداء.

وكانت مهمة (ويبر) صعبة للغاية في تتبع موجات الجاذبية، فأقام اسطوانتين ضخمتين من الألومنيوم لاستقبال هذه الموجات ثم تكبيرها وتسجيلها، وكانت المسافة بين هاتين الاسطوانتين حوالي ألف كيلو متر، وذلك لإزالة أي تشويش من الفضاء قد يتدخل في الموجات.

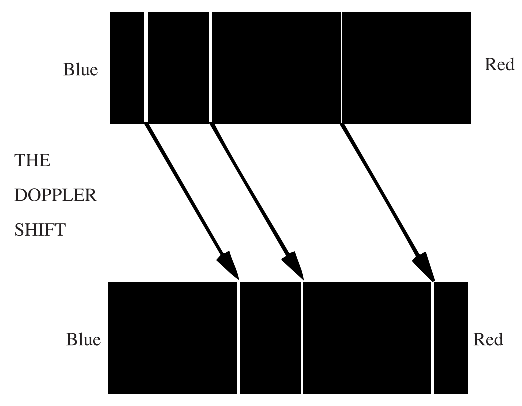
وأثبت تجارب العالم (ويبر) أن موجات الجاذبية تأتي إلى كوكب الأرض من مركز مجرتنا، فإذا كان نفس هذا المكان هو الذي يصدر موجات الجاذبية متساوية القوة في كل الاتجاهات، فهناك، إذن احتمال أن يكون في هذه المنطقة ثقب اسود هائل.

ولا ريب أن هذا الثقب الأسود يلتهم آلاف النجوم كل عام. ولكن ما يزال علماء الفلك في انتظار دليل قاطع على وجود مثل هذا الثقب الأسود الهائل في مركز مجرتنا (سنناقش هذا الأمر بالتفصيل في الفصل الرابع).

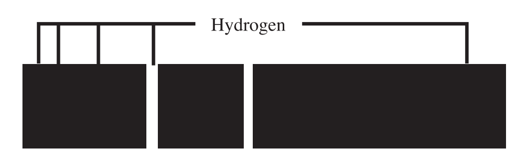
وقد تبدو انهيار مجرات بأكملها داخل ثقوب سوداء، مجرد خيال جامح ولكن هناك دلائل على وجود مواد بكميات هائلة غير مرئية في مجموعات المجرات Clusters of Galaxies ويتخلل هذه المجرات مادة غير مرئية، مكونة من غازات وغبار كوني، أو ربما مجرات معتمة.

وهناك احتمال أن تكون هذه المادة غير المرئية، مكونة من ثقوب سوداء، ومنها تكون النسبة الكبرى في هذا الكون.

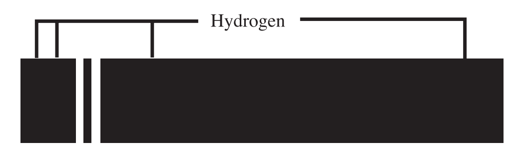
أن الثقب الأسود الموصوف في هذا الفصل شيء مفهوم جيدا، من وجهة نظر الفلكيين النظريين. والنتائج المقدمة مقبولة علميا لكل من يقتنع بنظرية الجاذبية حسب تفسير أينشتين، وهي مقبولة من جميع أصحاب نظرية الثقب الأسود بصفة عامة، والبحث عن الثقوب السوداء ليس كاملا بأي حال من الأحوال، بل هناك حاجة ماسة إلى أبحاث كثيرة يقوم بعضها على المشاهدات والرصد، ويقوم بعضها الآخر على الأبحاث الرياضية والفيزيائية الكونية النظرية، لكي تتضح معالم هذا اللغز الكوني الغامض.




شكل(43): أثردوبلر: إذا أخذ طيف نجم ما في وقتين مختلفين فاننا نلاحظ انزياحا في طول الموجة (أو اللون) في خطوط الطيف، فالنجم يتحرك نحونا أو بعيدا عنا أثناء دورانه حول رفيق ما.

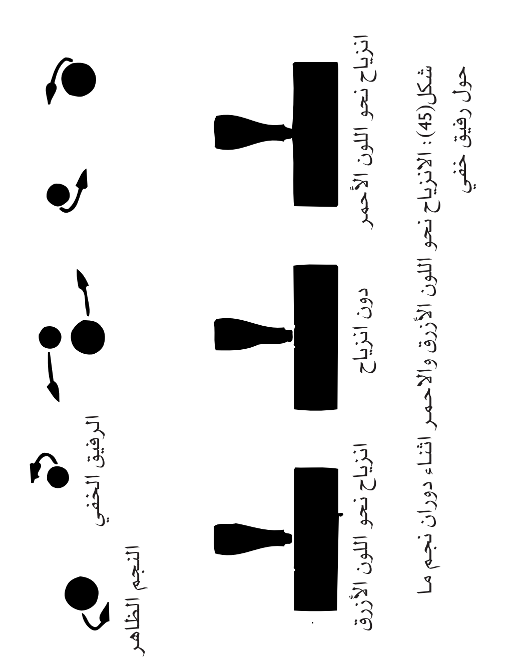



A HOT STAR'S SPECTRUM

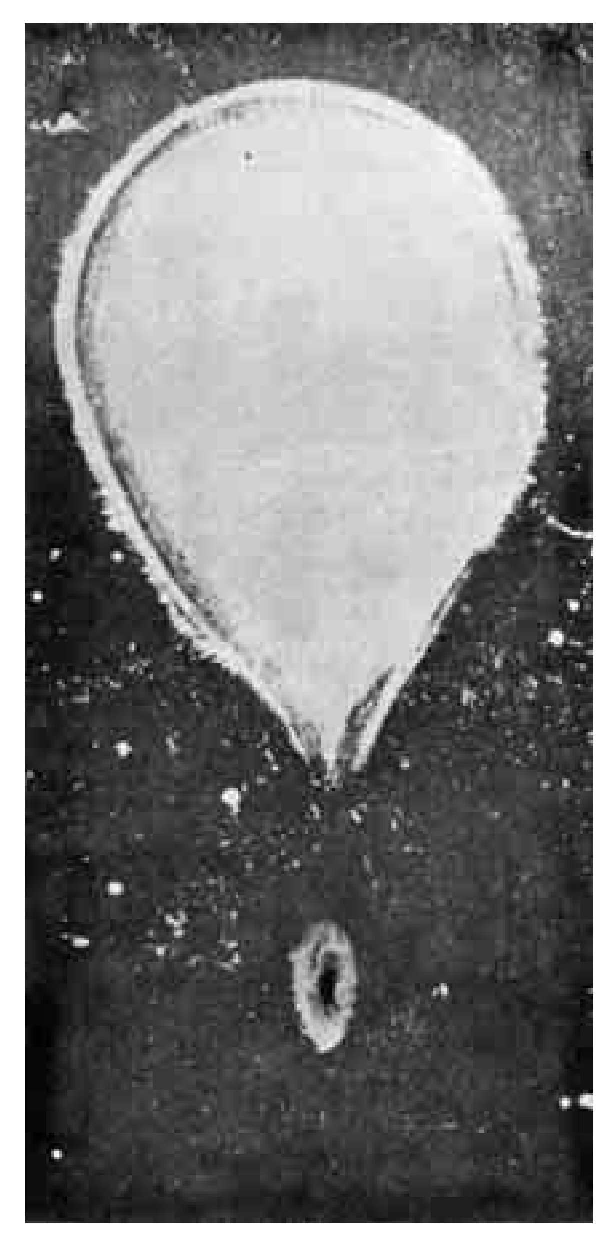



A COOLER STAR'S SPECTRUM

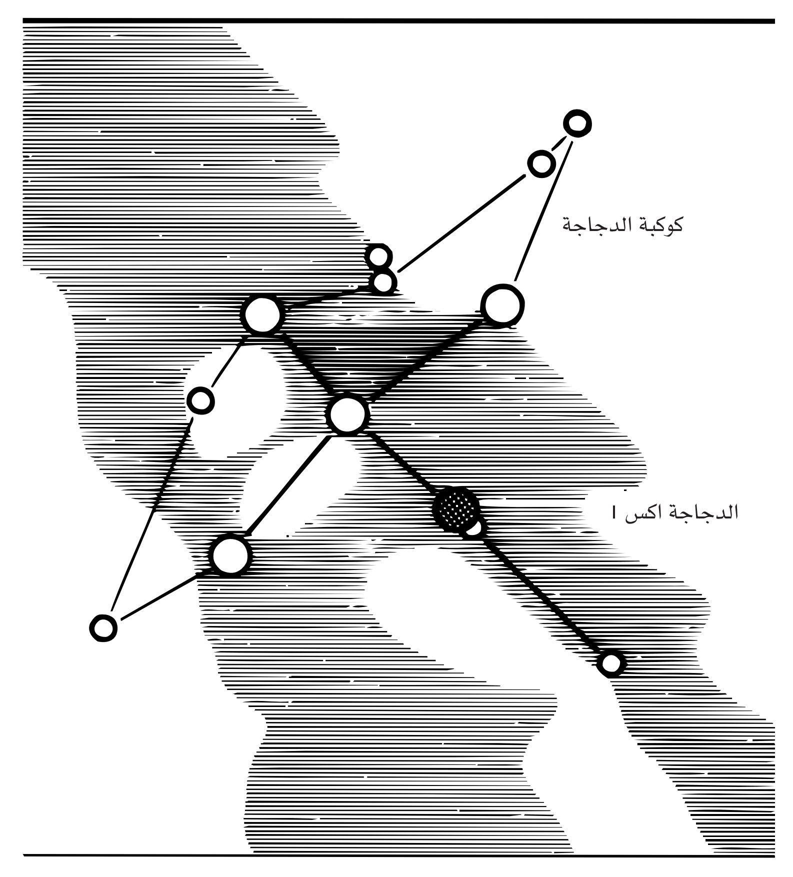
شكل(44): طيف نجم شديد الحرارة (الى أعلى) وطيف نجم اقل حرارة (إلى أسفل)




شكل(45): الانزياح نحو اللون الأزرق والاحمر اثناء دوران نجم ما حول رفيق خفي



شكل(46): النجم العملاق (هدأ 226868) والمادة تتدفع منه الى الثقب الاسود (الدجاجة اكس ١) وتصدر أثناء ذلك أشعة اكس.




شكل(47): كوكبة الدجاجة ومكان الدجاجة اكس ا (ثقب اسود)، والخطوط المظللة تمثل مجرتنا (الطريق اللبني)

# 10 مصيدة في الفضاء

### بعض الأسرار.. عن المجهول

قد يبدو أمر الثقوب السوداء كنوع من الخيال، ولكن الفضاء بدأ يفصح عن كل ما هو مثير وغريب، وما زال في الكون الغامض الكثير من الأسرار التي نتعرف عليها ببطء شديد. يمكن النظر إلى الثقب الأسود كأغرب الأجسام السماوية المعلقة في الفضاء، انه كمصيدة كونية تلتهم كل ما يصادفها في طريقها، وما أن تمتلئ بها المواد المسحوقة الخفية حتى لا يكون لها أي أمل في الهروب، حتى الضوء بسرعته الخارقة لا يستطيع أن ينفذ من براثن شباك الثقب الأسود.

إن كل ما يهبط إلى الثقب الأسود، يترك عالمنا إلى الأبد في داخل مصيدة فضائية ساكنة حالكة الظلام، حيث يتوقفا الزمن. كل هذا يحدث، لان المواد والغازات التي كانت النجوم قد ولدتها في الفضاء، قد انهارت وانضغطت وتكدست وأحاطت نفسها بمجالات رهيبة من موجات الجاذبية، تؤثر بها على كل ما حولها. ومع ذلك فبالنسبة لعالم فلكي يعكف على رصد الفضاء، لا يبدو هذا المصير المحتوم ملحوظا، فان كويكبا غافلا في الفضاء تصيده إحدى الثقوب السوداء، لن يشاهد وهو

يدخلها بل سيبدو مجمدا على سطحها (أفق الحدث) من وجهة نظر مراقب خارجي والسبب في ذلك يرجع إلى قوة الجذب الهائلة، التي تمسك بالضوء فلا تسمح إلا بقدر قليل يقل كثيرا عما تسمح بإطلاقه القوانين الطبيعية المعروفة. ولهذا يظل المراقب الخارجي يشاهد الكويكب (مجمدا) على أفق الحدث بينما هو في الحقيقة، قد ابتلع داخل الثقب الأسود في جزء من الثانية.

وإذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة، عندما تكون بعيدة جدا عنا، فإنها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها، ونجد أنها تلتهم أي شيء يدنو منها.. حقا أنها رفات نجوم مكدسة منهارة ولكنها أصبحت-حتى بعد الموت-مصيدة في الفضاء.. لرفات نجوم أخرى. إن احتمال تعرض الشمس أو حتى كوكب الأرض، لمصير الالتهام بواسطة ثقب أسود، هو احتمال ضئيل جدا. ذلك أن فرصة تعرضنا لمثل هذا المصير-بالوقوف مباشرة في طريق ثقب أسود في الكون-هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا.

ومع هذا، يرى بعض علماء الفلك أن فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء، قد تحدث وعندها لا بد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل، مثل الزلازل المدمرة والانفجارات الشديدة وتصدع الأرض، وهذه هي التي تندرنا بقرب هذا الخطر الداهم.

وقد تكون حولنا في مجرتنا ثقوب سوداء أكثر مما ندرك، أن البشرية لم تحفل بهذا الخطر من قبل، ولكن يجب علينا الآن أن ندرس بإمعان، إمكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث في عام 1908 في تانجوسكا بسيبريا، حيث يرى عالمان فلكيان بجامعة تكساس بالولايات المتحدة-كما ذكرنا من قبل-أنه في ذلك التاريخ اخترق ثقب أسود دقيق جدا الكرة الأرضية، محدثا انفجارا مروعا ثم عاد إلى الفضاء مرة أخرى.

ويجب أن ندرك أيضا أن الإنسان على وشك السفر خارج المجموعة الشمسية، بعد نجاح إطلاق مركبة فويجر-2 في أغسطس (آب) 1977، إلى خارج المجموعة الشمسية. وكان هدا الحدث أروع إنجاز لتكنولوجيا الفضاء حتى الآن، أما الأهمية العلمية لهبوط سفينتي الفضاء (فايكنج) فوق كوكب المريخ، فتكمن في حقيقة، كانت إلى وقت قريب أشبه بالخيال، وهي إرسال

مختبر تحليل كامل إلى أرض المريخ الحمراء، ليبحث عن أسرار هذا الكوكب الغامض ويرسل المعلومات الدقيقة إلى كوكب الأرض.

إن سرعة الأبحاث الفلكية تتزايد باستمرار، ومحاولات الإنسان غزو الفضاء ما تزال تتقدم باطراد في محاولة للتعرف على هذا الكون الرائع. وقد تحدث كارثة محققة تنهي أول محاولاتنا للسفر خارج المجموعة الشمسية، كأن تختفي سفينة فضاء تماما داخل أفق الحدث، لأحد الثقوب السوداء. لذا وجب أن نرصد هذه المصائد الفضائية الخطيرة على خريطة فضائية، وذلك حتى نتجنبها في رحلاتنا في عمق الفضاء. وتجنبها لا يعني مجرد الانحراف عنها، بل الابتعاد أصلا بمسافات شاسعة عنها وذلك لما أوضحناه من شدة قوتها الجذبية.

إن رؤية الثقب الأسود وهو يتكون أمر مستحيل، إلا إذا كان ذا أبعاد فلكية. وحتى لو كان يبلغ حجمه مثل مجرة منهارة تحتوي على مائة بليون نجم، والتي يمكن أن تختفي في بضعة أيام لتكون ثقبا أسود هائلا، فلن يمكن رؤيته بالطريقة العادية-أي بمشاهدة الضوء المتألق على منطقته الوسطى-بل بواسطة الإشعاعات التي تصدر عن المادة المنهارة إلى داخله في شكل دوامة. ويجرنا هذا إلى التساؤل عما إذا كان الثقب الأسود، يمكن أن يترك وراءه، أية قرائن تثبت ما كان عليه من قبل؟.

فإذا لم يكن هناك دليل من هذا القبيل، فان مستقبل السفر في الفضاء خارج المجموعة الشمسية، يكون محفوفا بالخطر. ويجب أن ندرك أن هناك مصائد منصوبة لنا في الفضاء البعيد في انتظار التهام أي شيء مادي يقترب من حدودها، أي أفق الحدث. ولكن الموقف ليس بهذا السوء، فان الثقب الأسود يترك بصماته مجمدة في منحنى الفضاء Curvature of Space، خارج أفق الحدث أي الحدود مع العالم الخارجي.

وبوسع هذا الثقب الأسود بجاذبيته الجبارة التي تفوق كل تصور، أن يلوي الفراغ الكوني أو الفضاء ويثنيه من حوله، وكأنما الفراغ المحيط به يتكور وينحني على نفسه. ونحن لا نستطيع أن نتخيل فراغا ملويا، أو فضاء منحنيا. ولكن النظرية النسبية العامة لاينشتين تنبأت به وثبت صحته في بعض الظواهر الكونية (وهي ليست مجال هذا الكتاب). ولكي نستوعب فكرة فضاء منحن، علينا أن نتصور شعاعا من ضوء وقد غير مساره المستقيم

المألوف، حسب قوانين الفيزياء الأرضية، وانحنى والتوى حول شيء ما.
وهذا الانحناء في الفضاء يمكن التعرف عليه، بالطريقة التي تتأثر بها مدارات سفن الفضاء، أو الكويكبات والكواكب، مثلما يتأثر مسار حجر يلقى به في الهواء وتسقطه جاذبية الأرض. ولو أن الأرض أزيلت عقب إلقاء الحجر مباشرة، لانطلق في خط مستقيم بدلا من أن ينحني بفعل جذبه إلى مركز الأرض. ويظهر الفضاء غير المضطرب حول الأرض، مقوسا- كما هو حول الثقب الأسود-وان لم يكن بنفس شدة الانحناء. ولو فرض أننا كنا نتابع مسار سفينة فضاء في عمق الكون، ولاحظنا أن مسارها قد انحرف فجأة، فإذا لم يكن هناك أي نجم أو سحابة أو مادة بقربها، يمكن أن تسبب هذا الانحراف عن طريقها، وكانت وحدات دفع سفينة الفضاء تعمل كما يجب. فان السبب الوحيد، الذي يمكن أن نفكر فيه لهذا السلوك الغريب، هو أن هذه السفينة تتحرك قرب المصيدة الفضائية الرهيبة... الثقب الأسود.

### دوران الثقب الأسود Black Hole Rotation

إن تاريخ نشوء الثقب الأسود من نجم ضخم منهار، إنما هو عبارة عن تقلص داخلي مروع مع تكوين أفق الحدث، فعندما يستهلك النجم وقوده النووي في باطنه، ينهار على نفسه بسرعة هائلة تبلغ جزءا من الثانية.. وعندئذ يسقط داخل أفق الحدث الخاص به، وقبل التقلص الداخلي قد يكون النجم دائرا حول نفسه. وفي مثل هذه الحالة يكون من المتوقع أن يسرع هذا الدوران، كلما زاد الانهيار، وهذا يحدث تماما عندما يدور شخص ينزلق على الجليد حول نفسه، ببطء بذراعين ممدودتين ثم يدور أسرع عندما يضم ذراعيه إلى جانب جسمه.

وهذا الدوران يسبب فقدا لنسبة كبيرة من مادة النجم المنهار في الفضاء، وحتى لو فرضنا أن هناك أية نتوءات في النجم، فيبدو أنها لن تترك أثرا وراءها عندما يتألف أفق الحدث، وتختفي مادة النجم وراءه.. داخل المجهول.

إن انحناء الفضاء الذي يبدو كبصمة تحقيق الشخصية للثقب الأسود، هو الذي يعطي له شكلا. فالثقب الأسود ليس له كيان محدد، ولكن من المحتمل أن نشاهد في انحناء الفضاء المتجمد خارج أفق الحدث، هيكلا

معينا، يظهر بهذا التشوه في الفضاء. أما كل السمات المميزة للنجم، والتي تفرقه عن أي نجم آخر، كمجموع عدد النيوترونات والبروتونات والإلكترونات أو التركيب الكيميائي، فكل هذه الصفات تفقد معناها بالنسبة لمشاهد خارجي، ولا يمكنه أن يتعرف على طبيعة الجسم الذي انهار أصلا.

واختفاء المادة داخل الثقب الأسود، أمر غريب حقا ويناقض بعض القوانين الطبيعية المألوفة والمعروفة فوق الأرض. وأحد هذه القوانين بالذات جدير بالذكر هنا، وهو يتعلق باختفاء البروتونات والنيوترونات داخل الثقب الأسود. فالبروتونات والنيوترونات تتجمع عادة معا، لتكون نواة الذرة. ونحن هنا فوق كوكب الأرض واثقين، بأن نوى ذراتنا تحفظ نفسها جيدا ضد التحلل. ولكن إذا دخلت هذه الذرات ثقبا أسود، أصبحت تمتلك طبيعة نووية خاصة (بالنسبة لمشاهد خارج أفق الحدث)، فلا تصبح مادة على الإطلاق إذ تختفي الشحنات وتنهار التراكيب الذرية، وتتلاشى الفراغات وتتلاحم الجسيمات. وعندئذ علينا أن نستعد لمواجهة فروق كثيرة وجوهرية، بين عالمنا المألوف وذلك المكان الرهيب حيث يقف الزمن جامدا، ويتعانق الوجود والعدم. وكما بينا، فان انحناء الفضاء يغير من حركة سفينة الفضاء، أو كوكب يتحرك بالقرب-نسبيا-من الثقب الأسود. وإذا أمكن تتبع مسار هذه السفينة بدقة، لكان من الممكن معرفة كتلة الثقب الأسود وسرعة دورانه.

- ونخلص من هذا، أن الثقب الأسود الذي يدور، يختلف اختلافا كبيرا عن ثقب أسود ثابت لا يتحرك. فأفق الحدث يوجد أيضا في الثقوب السوداء الدوارة، وان كان في هذه الحالة الأخيرة، أصغر مساحة من ذلك الذي يتكون في الثقوب السوداء الثابتة، ويتناسب مقدار صغر أفق الحدث طرديا مع سرعة دوران الثقب الأسود.

## الثقب الأسود.. وآلة الزمن

قلنا من قبل، انه إذا انهار النجم الدوار يصبح متجمدا-من وجهة نظر المشاهد الخارجي-وذلك قبل أن يصل إلى أفق الحدث، والمنطقة التي يبدو أن النجم يحوم فيها إلى الأبد أطلق عليها اسم الإرجوسفير Ergosphere (أو منطقة الطاقة)، وهو المكان الذي يقف فيه الزمن ساكنا، وهنا تبدو أول لمحة لآلة الزمن Time Machine والتي تنقل الإنسان إلى المستقبل، كما تنبأ

بها هـ. ج. ويلز كاتب الخيال العلمي المعروف، في أوائل هذا القرن.

والحياة على حافة الارجوسفير الذي يطلق عليها اسم حد الثبات Stationary Limit وهي منطقة ليس فيها شيء من الأخطار المتعلقة بحافة أفق الحدث، ولكن مع هذا لها كل الصفات الخاصة بالسيطرة على الزمن. وإذا كان النجم المنهار هائل الحجم، فان البعد بين أجزاء الارجوسفير وأفق الحدث، قد يصبح كبيرا جدا ومن ثم يكون خطر السقوط إلى أفق الحدث أقل ما يمكن.

إن الارجوسفير-لثقب أسود يدور بسرعة كبيرة-هو المكان الذي يمكنك البقاء فيه، إذا أردت أن تسافر إلى المستقبل أي أن هذا المكان هو آلة الزمن، التي تخيلها أدباء الخيال العلمي في قصصهم. ومن الطبيعي أنه كلما طالت المدة المطلوب السفر إليها في المستقبل، كلما دعت الضرورة إلى وجوب الاقتراب من داخل الارجوسفير. وهكذا ستزداد صعوبة العودة إلى العالم الخارجي، ذي الجاذبية المنخفضة بالنسبة لتيارات الجاذبية الهائلة للثقوب السوداء.

## دراسة المجرات البيضاوية

والآن لنعد إلى طرق البحث عن الثقوب السوداء، إن طريقتي التعرف اللتين ناقشناهما من قبل، وهما مشاهدة النجم يخبو ثم ينطفئ عندما ينهار في ثقب أسود، أو ملاحظة كيف تنحرف سفينة فضاء بسبب مادة مكدسة سوداء لا يمكن مشاهدتها، إنما هما طريقتان غير عمليتين.. إذ أن كلا منهما تحتاج إلى أن يكون الراصد، فطنا صادق الفراسة فيما يتعلق بمكان تكون الثقوب السوداء في الفضاء ومتى يبحث عنها، وهو أمر عسير، ومن ثم يجب أن نبحث عن علامات أكثر وضوحا في عمق الكون. وأوضح ما يمكن أن نبحث عنه هو تلك التأثيرات المحتملة التي قد تكون للثقوب السوداء، الموزعة في أرجاء الفضاء، على النجوم التي تحيط بها وتجعلها تتحرك بطريقة غامضة في داخل المجرات المختلفة. وقد شوهدت هذه الظاهرة بصفة خاصة في المجرات بيضاوية الشكل Elliptical كما لوحظ وجود مادة غير مرئية في تلك المجرات، لأنها خالية من سحب الغاز أو الغبار الكوني.

وهذا يثير سؤالا هاما: ما عسى أن تكون تلك المادة الخفية في المجرات البيضاوية، والتي تمثل حوالي 98٪ من مادتها؟ لعل من الطبيعي أن نفترض أنها ثقوب سوداء، غير ظاهرة لنا إلا فيما يختص بالتأثير على النجوم المرئية المجاورة لها، وبخاصة وأن المجرة البيضاوية تتميز باحتوائها على النجوم المتقدمة في العمر أي التي بلغت مرحلة الشيخوخة. ومن المحتمل أن يكون هناك الكثير من المادة المكدسة والمنهارة في مراكز المجرات البيضاوية، نتج عن تجمع الغاز الذي تطلقه النجوم الدوارة ويتجه إلى مراكز هذه المجرات، ولا توجد شواهد ثابتة على وجود مناطق سوداء بصفة خاصة في مراكز المجرات البيضاوية. وان كانت هناك بعض الحالات التي تسترعي الانتباه، لمجرات بيضاوية عملاقة تجري فيها حوادث كونية غريبة. إن المجرة البيضاوية الأكثر تألقا تقع في مجموعة كوكبة العذراء Virgo ويطلق عليها اسم المجرة م 87 M87، وهي مصدر هام للأشعة السينية والنبضات الراديوية. وقد قال بعض علماء الفلك أن الاشعة السينية تنبعث من الغازات الساخنة، التي تطلقها النجوم وهى تنهار في مركز هذه المجرة. وإذا كان الأمر كذلك، فان المجرة م 87 تكون في طريقها للانتحار. وثمة أمر هام وهو أن مجموعة كوكبة العذراء تحتوي على 73 مجرة فيها من المادة غير المرئية أكثر 50 مرة من المارة التي يمكن مشاهدتها.

وهنا نواجه بمشكلة أكثر خطورة، طالما أن المادة الخفية قد يمكن اعتبارها مجرات منهارة، أي أننا لا نجد فقط أن معظم مادة المجرات قد تكون ثقوبا سوداء، بل أن هذه المجرات بأكملها ثقوب سوداء هائلة.

## المادة الخفية.. هل هي ثقوب سوداء؟

لعل التأييد القوي للرأي القائل بأن المادة غير المرئية هي فعلا ثقوب سوداء، يأتي من تحليل دقيق لمدى وفرة العناصر الثقيلة في النجوم التي دخلت مرحلة الشيخوخة، وبخاصة تلك النجوم التي تبعد عن مستوى مجرتنا، إذ أنها تحتوي على نسب مذهلة من العناصر الأثقل من الحديد. والطريقة الوحيدة التي تكون هذه النجوم قد اكتسبت بها هذه العناصر، تتمثل في تطور العناصر داخل النجم أثناء عملية الاندماج النووي: ففي المراحل الأولى من تطور النجم يكون تكون الهليوم، أسرع عند المركز. لان درجة

حرارة المادة وكثافتها تصلان إلى نهايتهما العظمى هناك، وكلما زادت درجة الحرارة والكثافة كلما تسارعت التفاعلات النووية. وهكذا يتحول الهيدروجين في المناطق المركزية إلى هليوم. فتتكون للنجم نواة من الهليوم الخالص تقريبا، ثم تصبح طاقة الجاذبية الناتجة من ازدياد الهليوم في النواة كافية لتسخينها إلى الدرجة التي تبدأ عندها تفاعلات اندماج الهليوم (حوالي 100 مليون درجة مئوية).

ونتيجة لاندماج الهليوم يتكون الأوكسجين والنيون، وعندما تتزايد كتلة نواة النجم من الأوكسجين والنيون وتقترب من حد شاندراسيكار، فانه يحدث تقلص ملحوظ في النجم طالما لا يوجد بالنواة انحلال يحفظ توازن الضغط. وإذ يأخذ النجم في الانكماش ببطء خلال ملايين السنين، فان درجة حرارة باطنه ترتفع باطراد حتى تصل إلى حوالي 600 مليون درجة، فيندمج النيون ويتحول إلى ماغنسيوم وعندما ينفذ النيون من أجزاء النجم الداخلية، يبدأ تفاعل الأوكسجين وتحوله إلى السليكون وبعض العناصر الأخرى مثل الكبريت والفوسفور.

وعندما تنتهي عملية اندماج الأوكسجين وتحوله، تبدأ مرحلة أخرى من التقلص ينتج عنها ارتفاع جديد في درجة الحرارة (حوالي 2000 مليون درجة). وبالرغم من ارتفاع درجة الحرارة إلى هذا الحد الهائل، تستمر عملية الاندماج النووي في العناصر فتتجمع في نوى أثقل وتتحول إلى مجموعة أخرى من العناصر الثقيلة، منها النيكل والنحاس والحديد والقصدير، وأكثر هذه النوى وفرة بدرجة كبيرة.. هي نوى الحديد. وأخيرا عندما يتم التحويل إلى مجموعة الحديد، فان التركيب الكيميائي للنجم يصبح غاية في التعقيد، ونستطيع أن نميز سبع مناطق.. وليس من المتوقع أن تكون العناصر الثقيلة قد وجدت بأية كمية، في الأزمنة السحيقة من عمر الكون. أي عندما كان الكون يافعا، لان هذه العناصر الثقيلة إنما تنتج في مراحل متأخرة من عملية الاندماج النووي في النجوم. وبمرور ملايين السنين يتألف المزيد من العناصر الثقيلة، وبذا يقترب النجم من نهاية حياته التي أوضحنا أنها تختلف نتيجتها، تبعا لحجم النجم.

وبعض هذه النجوم الهائلة يكون من الضخامة، بحيث أنها تجد صعوبة في تفادي المصير المحتوم لأي جسم في الفضاء، إذا بلغ حجما معينا (حد

شاندراسيكار)، وهو أن تنهار وتتحول إلى ثقوب سوداء.

## أسرار الإشعاع التجاذبي

تدل الدراسات الفلكية التي أجريت حول المفاهيم متقدمة الذكر، بأن نحو 90٪ من نجوم الكون، هي من النوع الذي يمكن أن يكون في نهاية حياته ثقوبا سوداء. مع العلم بأن معظم المادة غير المرئية في المجرات أو مجموعات المجرات، قد تكون على شكل سحب غاز أو غبار كوني أو نجوم صغيرة ممتعة، وهذا يجعل عدد الثقوب السوداء التي تتكون في المستقبل كبيرا، مما يبعث على القلق الشديد. ولكن هذا الأمر المزعج لا ينطبق على مجرتنا، طالما أن مقدار المادة غير المرئية التي يمكن أن تتخلل نجومها لا تتعدى نسبة عشرة في المائة، كما دلت على ذلك الدراسات الفلكية. وهذا يتفق تماما مع تقدير أن سبعة نجوم، تولد كل عام من كتلة أكبر من القيمة الحرجة للانهيار (حد شاندراسيكار). وحتى إذا كانت هذه النجوم السبعة، التي ولدت، لا تفقد من الكتلة خلال حياتها ما يمنعها من أن تتحول إلى ثقوب سوداء، فهي ما زالت نسبة ضئيلة لا تمثل أية خطورة على مجرتنا.

إننا حتى الآن لم نستخدم إلا الأدلة غير المباشرة، فهل من الممكن أن نفكر في طريقة نرى بها ثقبا أسود في طريق التكوين؟ يجب علينا أن نستخدم وسائل علمية مختلفة، غير النظر إلى الثقوب السوداء مباشرة، طالما أن الثقب الأسود يومض وينطفئ بسرعة هائلة (جزء من الثانية)، وهذا لا يمكن للعين البشرية أن تلحظه. وهنا نتساءل أي نوع من الإشعاع يمكن أن يصدر من هذا الطوفان الكوني، والذي يمثل لحظة ميلاد ثقب أسود؟. نحن نعلم أنه عندما ينفجر نجم في استعار شديد (سوبرنوفا)، يطلق قدرا هائلا من الضوء المرئي، ولكن أي نوع من الإشعاع يمكن أن يطلق بكميات كبيرة، في حالة نجم ضخم ينهار؟.

لكي نجيب على هذا السؤال، علينا أن نفكر كيف نستطيع

تحمل الحياة فوق كوكب الأرض ولو تم تدمير الشمس فجأة. وإذا غضضنا النظر عن مشكلة برودة الأرض السريعة الخاطفة، فأننا سنلاحظ أنها ستتوقف عن الدوران في مدار بيضاوي حول الشمس، كما كانت تفعل لملايين السنين، وأنها تأخذ في الانطلاق في خط مستقيم (بعد زوال جاذبية

الشمس). ونحن لا نتوقع أن يحدث كل هذا مباشرة، ولكنه سيحدث في نفس الوقت الذي تختفي فيه الشمس عن بصرنا. وبمعنى آخر، أننا سنظل ندور في المدار حول الشمس نحو ثماني دقائق، بعد أن تكون قد دمرت تماما، وهذا هو الوقت الذي يستغرقه وصول آخر قدر من جاذبية الشمس للأرض، ونستطيع أن نعتبر هذا الإمداد للجاذبية نوعا من الإشعاع في حد ذاته، وهو ما يمكن أن نطلق عليه الإشعاع التجاذبي Gravitational Radiation.

إن الإشعاع الذي نسميه بالضوء، قد لوحظ منذ أن اكتسبت المخلوقات قدرة على الرؤية، ولكن ما من أحد أمكنه أن يكتشف أن الإشعاع التجاذبي له قيمة في بقاء المخلوقات على قيد الحياة فوق كوكب الأرض، ذلك أن الموجود منها قليل جدا، كما أن التغيير فيه طفيف وبطئ جدا، لا يؤثر بشكل واضح على كوكب الأرض. ولكن بالنسبة للأجرام الفضائية كبيرة الحجم، تصبح قوة الجاذبية بينها مؤثرة بشكل كبير، ولكي ندرس الإشعاع التجاذبي بينها، نحتاج إما إلى جهاز رصد هائل يكون في حجم الكرة الأرضية، أو مكثف حساس للغاية يصمم خصيصا لهذا الغرض، ومن ناحية أخرى يجب ألا نتوقع أن نبحث إلا عن إشعاع تجاذبي بين الأجرام الفضائية كبيرة الحجم جدا. وهنا نعود إلى سؤالنا عن نوع الإشعاع الذي يصدر من نجم منهار، مع العلم أن حدوث كارثة لنجم ضخم تجعله ينهار ويكون ثقبا أسود، وهذا هو التغيير العنيف الذي قد يصدر نبضات كثيفة من الإشعاع التجاذبي.

وحيث أننا لا نستطيع أن نحدد مكان هذه النبضات بدقة، إذن فالشيء الوحيد الذي يمكن أن نفعله هو أن نقيم جهازا حساسا إلى أتقصى درجة ممكنة، مع إمكان توجيهه إلى مختلف الاتجاهات. وعلينا بعد هذا أن ندير الجهاز يحدونا الأمل، وهذا ما فعله تماما العالم الفلكي جوزيف ويبر بجامعة مريلاند في عام 1969، وكانت نتائج التجارب التي حصل عليها.. مذهلة. استخدم ويبر اسطوانة كبيرة مصنوعة من الألومنيوم، ومعلقة بأسلاك في الهواء ويمتلئ سطحها ببلورات الكوارتز، ويبلغ طول كل اسطوانة مترا ونصف وعرضها مترا، وكان هذا الجهاز مصمما بحيث تتأثر اسطوانته بأضعف الموجات القادمة من الفضاء.

وهذه الذبذبات هي المطلوب الكف عنها، وكان الجهاز من الحساسية

بحيث أن إزاحة جزء صغير جدا يبلغ واحدا على ألف من القطر النووي، يمكن قياسه.

وبسبب تلك الحساسية الفائقة لجهاز الرصد، فقد أمكنه التقاط جميع الذبذبات التي تنتشر في الكون، وقد سبب هذا تشويشا لموجات الإشعاع التجاذبي التي يهتم العالم الفلكي ويبر بتسجيلها.. ولذا فقد أقام جهازا آخرا، على بعد نحو ألف كيلو متر من الجهاز الأول بالقرب من شيكاغو بالولايات المتحدة، وكانت الذبذبات التي تكتشف في نفس الوقت بواسطة الجهازين المستقلين، تدل على أنها ناشئة من مصدر إشعاع تجاذبي واحد، من أعماق الكون. وأعلن ويبر في عام 1969، أنه قد لاحظ عدة مئات من الاضطرابات الإشعاعية على مدى بضعة شهور لا يمكن تفسيرها بأنها تموجات طارئة، واتضح له أيضا أن هذه الإشارات كانت أكثر ما تكون عندما يوجه الجهازان إلى مركز مجرتنا. لقد كانت أهم سمة مثيرة للإشعاع التجاذبي القادم إلينا من مركز المجرة، هو أنه كان يحتوي على نبض قصير مدة الواحد منه أقل من نصف ثانية، وذلك مرة كل أربعة أيام، وتلتقط في ذبذبة نحو 1600 سيكل في الثانية. وهذه النبضة القصيرة جدا لهذا الإشعاع في مثل هذه الذبذبة، تشير إلى أنه لا بد وأن يحتوي المصدر على مقدار هائل من الطاقة.

وبقي أمام علماء الفلك مشكلة تتعلق بتحديد المكان، الذي صدر منه هذا الإشعاع التجاذبي، ولن يكون شرحا مقنعا، إذا أرجع الانهيار الكلي لنجم يكون قد تعرض لانفجار سوبرنوفا، لان ذلك يحدث كل حوالي مائة عام، بينما لاحظ العالم ويبر أن الإشعاع يأتي مرة كل أربعة أيام. وهذه المشكلة قد حيرت علماء الفلك كثيرا-حتى الوقت الحاضر-لدرجة أن بعضهم، كان على استعداد لان ينبذ نظرية الجاذبية الهندسية المألوفة. على أن تجربة ويبر لم يحققا بعد علماء آخرون، ولذلك يجب النظر إليها بشيء من الحذر، خاصة وأن استخدام كوكب الأرض كقاعدة لمرصد حساس، قد يقلل من شأنها ذلك المقدار الكبير من الضوضاء والتشويش الذي تحتويه. ولتلافي هذا الأمر، تم تركيب مرصد حساس جديد على سطح القمر لدراسة الإشعاع التجاذبي القادم من أعماق الفضاء، ولكن لم يتم تحليل النتائج حتى الآن.

## هل هناك ثقب أسود في مجرتنا؟

قال بعض علماء الفلك حديثا، إن الإشعاع التجاذبي مصدره تلك النجوم التي أصابتها الشيخوخة، وتقع قرب مركز مجرتنا، إذ أنها تقع في ثقب أسود هائل سريع الدوران إلى أبعد حد، وهو يؤلف الجزء المركزي لمجرتنا. وكتلة هذا الثقب الأسود المروع، ربما تكون قدر شمسنا مائة مليون مرة، كما أنه يلتهم النجوم التي تدور بالقرب من أفق حدثه، بمعدل يبلغ حوالي 30 كتلة شمسية كل عام.

والفرق المفترض بين مقدار الطاقة المشعة من مستوى المجرة، وتلك الصادرة في الاتجاهات الأخرى، يسببها دوران هذا الثقاب الأسود الهائل. لأنه إذا كان الإشعاع التجاذبي بنفس السرعة والقوة في كافة الاتجاهات، فان نتائج ويبر تؤدي إلى مجموع من الخسارة داخل الثقب الأسود تبلغ حوالي ألف كتلة شمسية تقريبا كل عام. وعلى مدار بليون سنة (وهي نحو عشر عمر مجرتنا)، كانت مثل هذه الخسارة كفيلة بأن تحدث اضطرابات في مجرتنا، يمكن ملاحظتها في وقتنا الحاضر.

وهذا لا ينفي احتمال وجود هذا الثقب الأسود الهائل في مركز مجرتنا، وأنه يدور بسرعة كبيرة جدا مسببا هذا الإشعاع التجاذبي. ولكن هل يسبب هذا الثقب الأسود أية اضطرابات في مجرتنا؟.

هناك أدلة مؤكدة بأن أحداثا عنيفة تجري في مركز مجرتنا، فمثلا هناك تركيب في شكل ذراع هائل، يتألف غالبا من الهيدروجين ويبعد نحو تسع سنوات ضوئية من المركز، يمكن أن يشاهد مقبلا نحو الكرة الأرضية بسرعة تبلغ حوالي 50 كيلو متر في الساعة. وهذه الحركة يمكن معرفتها بالتغيير الذي تحدثه في طول الموجات الراديوية التي يطلقها الهيدروجين (وخاصة التي يبلغ طولها 21 سنتيمتر)، وهذا وغيره من الاضطرابات في النبضات الراديوية، تؤيد الاقتراح القائل بأن مركز مجرتنا مليء بالنشاط وأيضا يحتوي ثقبا أسود هائلا.

### المركز المجرد Naked Singularity

بالرغم من أن فكرة وجود ثقب أسود في مركز مجرتنا، قد يفسر بعض الظواهر الكونية كالإشعاعات تحت الحمراء (التي تعطى الطاقة الحرارية

للغاز والغبار الكوني)، وأيضا الإشعاع التجاذبي الذي اكتشفه ويبر. إلا أن هذه الظواهر يمكن إيجاد تفسير آخر لها، مما يلقى ظلالا من الشك على نظرية ويبر، إذن فنحن غير واثقين تماما من وجود هذا الثقب الأسود في مركز المجرة.

أما فكرة أن تتحول مجرة بأكملها إلى ثقب أسود، فقد تبدو لأول وهلة غير معقولة، ولكنها في واقع الأمر ممكنة الحدوث. إذ أن هناك كميات هائلة من المادة غير المرئية بين مجموعات المجرات، فلو كانت الجاذبية التي تشد مجموعة المجرات إلى بعضها، غير كافية، لانفرط عقدها. ومن رصد حشود عديدة من المجرات، اتضح أنها لا تنتظم في مجموعة إلا إذا كانت تحتوي على مادة اكثر مما يمكن رؤيته فعلا.

والمادة غير المرئية بين المجرات قد تكون على شكل غاز أو غبار كوني، أو مجرات خافتة الضوء. ولكن هناك احتمال أيضا وقد تكون هذه المادة الخفية مكونة من عدد من الثقوب السوداء. وقد يكون في الكون مادة غير مرئية، أكثر من المادة التي يمكن رؤيتها ومن ثم لا يمكن لعلماء الفلك أن يحددوا بدقة متوسط كثافة المادة في الكون بشكل عام.

لقد اعتبرت الثقوب السوداء هي المسؤولة عن أي مصدر طاقة غامض في الكون كالكوازرات، وتساءل العلماء هل الثقوب السوداء هي التي تمد الكوازرات بالطاقة؟. لكي نجيب على هذا السؤال، دعنا نفترض أن هناك ثقبا أسود هائل يدور، ويبعث حتى 43٪ من طاقة المواد التي تسقط في داخله، وهذه الطاقة الجبارة يمكن تغذيتها بابتلاع كتلة شمسية واحدة كل عام، وهذه الوجبة تعتبر قليلة جدا لتفسير طاقة الكوازرات. وهناك جانب آخر للثقوب السوداء-لم نناقشه حتى الآن-وهو إمكان وجود مركز مجرد.

لقد بينا من قبل أن أفق الحدث يتكون، عندما يتقلص النجم في حدود نصف قطره التجاذبي (نصف قطر شفارزشايلد)، ولن تتمكن أية إشارات-أيا كان نوعها-من الخروج إلى الفضاء الخارجي، ومن ثم لن نتمكن مطلقا من رؤية التقلص المستمر للمادة في مركز الثقب الأسود.

وبمعنى آخر، فان مركز الثقب الأسود يكون دائما مغطى بأفق الحدث، ولهذا ستصبح الأحداث التي تجري فيه مجهولة لأنه لا يمكن رصدها. وافق الحدث يتكون فوق مركز الثقب الأسود في معظم حالات تكون ثقوب

سوداء، وبخاصة تلك التي يكون أصلها نجوما متماثلة متقلصة Symmetrical Collapsars. ولكن من المشكوك فيه، أن تقلص مواد مبعثرة أو غير متماثلة قد يؤدي إلى تكوين أفق حدث للثقب الأسود. وبالتأكيد، فإننا إذا تصورنا كتلة كبيرة تدور بسرعة هائلة لتكون ثقبا أسود عاديا، فان مركزه سيتكون بشكل حلقي بدلا من خط رفيع يمتد عبر الثقب الأسود. وفي مستوى هذه الحلقة، لن يكون هناك أفق حدث ومن ثم يمكن رؤية مركز الثقب الأسود.

ويقال دائما أن اكتشاف مركز مجرد (أو عاري)-أي دون أفق حدث يخفيه عن العيون-سيكون كارثة لعلم الفيزياء، ذلك أن قوانينها لن تستطيع أن تفسر هذه الظاهرة. وإذا تكونت هذه المراكز المجردة، فأنها ولا شك، ستمثل موضوع بحث هام لعلماء الفلك.

وهناك بعض المراكز-حيث يندمج الزمن والمكان-يمكن أن تعمل عكس الثقوب السوداء، فبدلا من أن تسحق فيها المادة وتختفي عن الوجود، يتم بعثها من جديد. وهذه المراكز يطلق عليها اسم الثقوب البيضاء White Holes. وليس في النظرية النسبية العامة لاينشتين ما ينفي وجود نقيض للثقوب السوداء، فإذن احتمال وجود الثقوب البيضاء هو احتمال قائم. وهي مركز يندمج فيها المكان والزمن، كما تطلق أشعة تجاذبية ومواد قد يتكون منها غاز كوني ونجوم جديدة.

ولكن ليس هناك-حتى الوقت الحاضر-دليل على وجود هذه الثقوب البيضاء، برغم أن بعض علماء الفلك قد افترضوا وجودها كمنبع للطاقة الجبارة للكوازرات، وأخذوا يقيمون النماذج الرياضية Models لشرح كيفية عملها.

ومع هذا، فهناك ثمة شيء غامض في بعض المجرات التي يطلق عليها اسم المجرات المتفجرة Exploding Galaxies، التي تصدر نبضات راديوية قوية، والتي توحي لعلماء الفلك بأنها تنفث المادة خارجها إلى الكون، ومن ثم فقد رجح العلماء وجود عدد من الثقوب البيضاء داخلها. وإذا تقدمنا خطوة إلى الأمام في مناقشتنا، آخذين في اعتبارنا أن الثقوب السوداء هي مناطق تختفي فيها المادة من الوجود، نجد أنها فكرة رائعة أن تكون هناك ثقوب بيضاء أيضا، تعيد تدفق المادة مرة أخرى إلى الكون ومن ثم يطلق عليها في بعض الأحيان اسم المتدفقات الكونية Cosmic Gushers.

- وهنا قد يثار سؤال: من أين جاءت المادة التي تتدفق من الثقب الأبيض؟.
يمكن الإجابة على هذا السؤال، إذا أخذنا في اعتبارنا احتمالين:
- أما أن المادة تختفي من الوجود في الثقوب السوداء، ثم تظهر مرة أخرى بالكون (وهناك نماذج رياضية تؤكد إمكان حدوث هذا الأمر).
- أو أن هناك كونا آخر غير كوننا، ومن ثم تختفي المادة في الثقوب السوداء بكوننا، وتتدفق مرة ثانية في كون آخر، والعكس أيضا يمكن حدوثه، أي أن المادة التي تختفي في الكون الآخر، تتدفق ني كوننا. لقد وصلنا في بحثنا إلى عمق كير، ولكن هذه الأفكار التي بنيناها من قبل عن الثقوب السوداء والبيضاء، هي التي تؤدي إلى الإجابة عن بعض الأسئلة الغامضة التي ما زالت تواجه علماء الكون Cosmologists، مثل ما هي طبيعة الكون وكيف خلق وما هو مستقبله؟.

## آفاق جديدة للثقوب السوداء

إن فكرة الثقوب السوداء تمهد لآفاق جديدة للمستقبل، وسنناقش هنا بعض هذه الأفكار التي يفترضها علماء الفلك.

## مخاطر السفر في الفضاء

إن السفر بين النجوم والى الأطراف البعيدة لمجرتنا، أمر سيتم في المستقبل البعيد. وفي هذا المجال يقال دائما أن الثقوب السوداء ستمثل خطورة على المسافرين بين النجوم، ومن الواضح أنها كارثة محققة إذا صادف أحد رواد الفضاء ثقبا أسود، ففي لمح البصر سيتم التهام السفينة بمن فيها، وسحقها وإخفاءها عن الوجود.

إن الثقوب السوداء في النظام النجمي الثنائي لا تمثل أي مشكلة لعلماء الفلك، ذلك أنه يمكن تتبعها عن طريق الأثر التي تحدثه على النجم المرئي. لكن لن يتمكن رواد الفضاء من رؤية الثقب الأسود المنفرد، إلا إذا كان محاطا بسحابة المواد التي تندفع إلى داخله على شكل دوامة، ومن ثم فالثقوب السوداء تمثل خطرا داهما على رواد الفضاء المسافرين بين النجوم، لأنه في معظم الأحيان لا يمكن رؤيتها.

ولكن إذا تذكرنا تلك المساحات الخالية الشاسعة من الفضاء، لقدرنا أن

احتمال اصطدام رائد فضاء بنجم عادي هي مسألة نادرة للغاية. وكما بينا فان الثقوب السوداء تتكون فقد من النجوم الضخمة، وأنها عندما تتكون يكون حجمها صغيرا جدا بالمقارنة بحجم النجم الأصلي، وعلى ذلك فاحتمال الوقوع في براثن ثقب أسود، هو أمر نادر جدا أيضا ولكنه وارد.

## مصادر الطاقة

لقد بينا في هذا الفصل، أن كميات كبيرة من الطاقة، على شكل موجات تجاذبية يمكن أن تصدر عن الثقوب السوداء، بفعل المادة التي تندفع من خلال أفق الحدث على شكل دوامة. لهذا فقد تنبأ علماء الفلك بأنه في المستقبل-حيث أن التكنولوجيا المتقدمة ستحتاج إلى مصادر طاقة جديدة- يمكن اعتبار الثقوب السوداء مصدرا هائلا للطاقة. وقال العلماء بأنه يمكن عمل مجالات حول النجوم لتركيز الإشعاع التجاذبي الصادر من الثقوب السوداء والقيام بعكسه إلى الأرض. كما فكر علماء آخرين بأنه يمكن بناء إطار مكعب حول الثقب الأسود، سرعان ما يدور بفعل تأثير جاذبية الثقب الأسود، وهذا يؤدي إلى وجود إشعاع تجاذبي يمكن استغلاله كمصدر للطاقة.

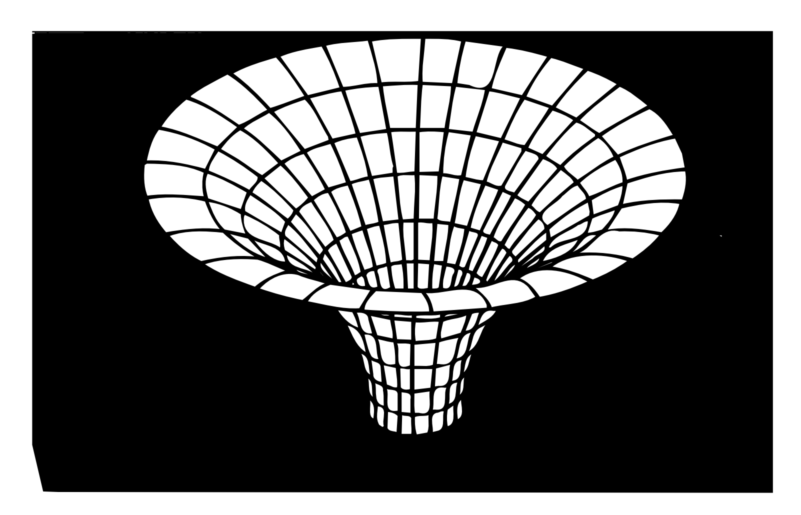
وقد اقترح العالم روجر بروس طريقة أخرى، لاستخراج الطاقة من الثقوب السوداء الدوارة، بأن ندلي الارجوسفير (منطقة الطاقة) وهي التي تحيط بأفق الحدث وتمثل حقلا للإشعاع التجاذبي.

## الثقب الأسود.. سلاح رهيب

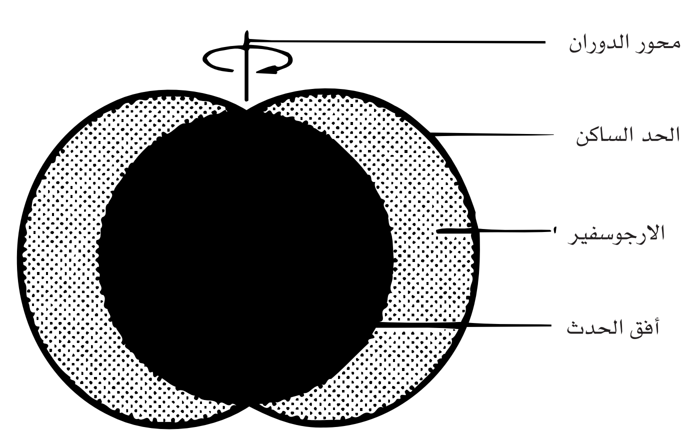
فكر بعض العلماء في استخدام الثقب الأسود كسلاح، وقالوا بأنه يمكن أن يستعمل كقنبلة هائلة التدمير. فنظرية النسبية تقول بأن العلاقة بين الطاقة والكتلة، هي أن الطاقة تساوي الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء، وهذه هي نتيجة لتحليل رائع لطبيعة الزمن والفضاء، كما أنها تمدنا بالسبب الرئيسي في تفاعلات القنابل الذرية والهيدروجينية وأسباب إشعاع الشمس والنجوم.

وعلى غرار هذه العلاقة بين الطاقة والكتلة، قال عالمان (برس وتيوكلوسكي) من المعهد التكنولوجي بكاليفورنيا، بإمكان استخدام الثقب الأسود كقنبلة، ففي ظروف معينة يمكن تضخيم قوة الموجات الراديوية

الطويلة بارتدادها من الثقوب السوداء. وهذه الزيادة في القوة يمكن أن تبلغ حدا معينا، ولكن إذا أحيط الثقب الأسود بمجموعة من المرايا الخاصة القادرة على عكس أكثر من حوالي 8 ,99٪ من الإشعاع الساقط عليها، فان موجات هذه الإشعاعات يمكن أن تضخم عدة مرات بارتدادها من الثقب الأسود، وفي كل مرة تزداد قوة حتى يصل الأمر إلى انفجار المرايا المحيطة بالثقب بشكل مروع.



شكل(48): الثقب الاسود مصيدة فضائية




شكل(49): قطاع في ثقب أسود دوار

# ١١ الثقوب البيضاء

## الثقب الأسود... والزمن

إن أفق الحدث للثقب الأسود هو حقا حدود المجهول، وخارجه يبدو العالم الطبيعي الذي نعرفه فيزيائيا، ولكن ما أن يدخل شخص ما أفق الحدث حتى يستحيل عليه الاتصال بالخارج، وحتى لو أوتيت الشجاعة بعض علماء الفضاء وغامروا بالدخول إلى الثقب الأسود، فنحن الذين في الخارج لن نستطيع أبدا أن نعرف ماذا وجدوا في الداخل، ومن ثم لا نستطيع أن نناقش ما عسى أن يكون قد حدث لهم.

ولكن على أي حال، فان ما قيل حتى الآن عن النجوم المنهارة، إنما أساسها نظريات نعرف أنها تصدق على أماكن كثيرة في الفضاء، ولكننا لم نستطع أن نجري اختبارا مباشرا عليها. وبنفس هذا الأسلوب، يمكننا أن نتخيل اختبارا مباشرا عليها. وبنفس هذا داخل أفق الحدث إلى عمق الثقب الأسود، بتطبيق نظرياتنا تلك على هذا الموقف.

ولا نستطيع التحقق من أن أفكارنا ستكون صحيحة، في هذا المكان الغريب الغامض، ولكنها على الأقل ستعطينا مؤشرا مبدئيا عما نتوقع حدوثه

داخل الثقب الأسود. وأول ما ندركه عندما نهبط في أفق الحدث، هو أن الثقب الأسود الذي نقصده قد اختفى، وهذا يرجع إلى أن الضوء الذي يصدر عنه يكون قد توقف أو كاد.

وفي هذا الموقف قد لا ندرك أننا قد وقعنا فعلا، داخل المصيدة الفضائية وحيدة الاتجاه، ذلك أنها أصبحت غير مرئية لنا. ولكن ما أن نتجاوز أفق الحدث حتى نجد في مركز الثقب الأسود، عالما مقلوبا رأسا على عقب، عالما من أغرب ما نتخيل ففيه يندمج الزمن مع المكان. ففي عالمنا العادي المألوف، يمكننا أن نتحرك بحرية وفي أي اتجاه في الفضاء، بشرط أن تتوفر لنا الطاقة. أما الزمن فهو يسير دائما في اتجاه واحد، وبرغم أنه يبطؤ بالقرب من سطح أفق الحدث إلا أنه يمر أبدا إلى الأمام. وهذا ينقلب تماما داخل أفق الحدث، فهناك لا يكون لنا سيطرة على الإطلاق، على رحلتنا، فنحن ننجذب بشكل هائل ودائم صوب مركز الثقب الأسود.. ولا تستطيع أية قوة يمكن تخيلها أن تمنعنا من أن ننجذب اعمق فأعمق، إلى المصير المحتوم في مركز الثقب الأسود.

وإذا أمكن تحرير الزمن من العوامل التي تتسبب في إبطائه بالقرب من أفق الحدث، لتمكنا من أن نجعل رحلتنا إلى مركز الثقب الأسود تدوم كما نريد، ولكن كلا منا يجعل معه زمنه الخاص وهو الذي يقاس بساعة دقيقة، وهي تتغير حتما بقربها من أفق الحدث لثقب أسود. فالثانية في هذا المكان، تعادل ملايين الثواني لمشاهد بعيد.

ونستطيع أن ندرك لم يبطئ الزمن قرب الثقب الأسود، إذا تأملنا ما يحدث للضوء عندما يحاول أن يهرب من فوق أفق الحدث. نعرف أن الضوء له طاقة، ومن ثم تؤثر عليه قوى الجاذبية كما يشاهد مثلا عندما ينحني شعاع من الضوء حول جرم فضائي في طريقه، ولكي يهرب الضوء من سطح الثقب الأسود، عليه أن يبذل جهدا ليتغلب على قوة الجاذبية الهائلة التي يتعرض لها، والتي تشده إلى أفق الحدث الغامض.

وعندما يتمكن الضوء أخيرا من الهروب من سطح الثقب الأسود، يكون قد فقد الكثير من طاقته السابقة، وحيث أن طاقة الضوء تتناسب مع ذبذبته إذن فان الضوء الذي يصل أخيرا إلى الخارج، تكون ذبذبته منخفضة جدا. ولو فرضنا أن كل وحدة ذبذبة من هذا الضوء (منخفض الطاقة)، قد

استخدمت في تسيير آلات ساعة، لوضح لنا أن نسبة مرور هذا الزمن سيكون اكثر بطءا من ذلك الذي تحسبه ساعة مشابهة، ولكنها تستخدم ضوءا من مصدر عادي بحيث تبقى قوة ذبذبة الضوء كما هي.

وحيث أن الضوء، يمكنه أن يهرب أبدا من داخل أفق الحدث، إذن سيكون من الصعب نسبة الزمن داخله إلى الزمن الخارجي، برغم أنه يمكن حساب الزمن الذي يستغرقه جسم ما وهو يندفع هابطا إلى مركز الثقب الأسود. وحسابنا لزمن الهبوط يعتمد على حجم الثقاب الأسود، فكلما كبر الحجم طال زمن الهبوط، ومن ثم فإذا كنا سنسقط في ثقب أسود، فلا شك أننا سنندفع إلى مركزه بعد انقضاء فترة معينة-طالت أو قصرت-من الزمن، مهما حاولنا أن نهرب من هذا المصير المحتوم.

- وهنا يثار سؤال هام: ألا توجد قوة ما تمكننا من الهروب من الثقب الأسود؟. أن أية قوة كهذه تحاول أن تمنع مزيدا من الانهيار، يجب أن تشتمل على طاقة حتى تحدث تأثيرا قويا. ومصدر هذه الطاقة سيفعل هو نفسه-كما لو كان له كتلة-ولكن سيكون هناك أيضا جاذبية لهذه الكتلة، وهذا يعجل بالانهيار، وكلما كبر حجم الطاقة التي تحاول منع الانهيار زادت قوة الجاذبية. وهذا يحدث مزيدا من الضغط، ومن ثم لن يمكن أبدا الهرب من قوة هذا التأثير والانهيار إلى مركز الثقب الأسود، إذ أن هذا سيحدث قطعا مهما حاول الإنسان أن يتفاداه.

وفي داخل الثقب الأسود، لا يمكن أبدا تفادي الفناء التام ولا حتى تأجيله إلى ما بعد فترة من الزمن، لان الوقت الذي يستغرقه السقوط إلى المركز في داخل الثقب الأسود صغير-أكبر قليلا من ضعف كتلة الشمس-يبلغ حوالي واحد على مليون من الثانية الواحدة. وعند مراقبة ثقب أسود اكبر حجما بكثير من هذا الثقب الصغير، يمكن تسجيل وقت جدير بالملاحظة بين السقوط من أفق الحدث، وحتى التدمير التام عند المركز. أما في ثقب أسود أثقل مليون مرة من الشمس، فان زمن السقوط يستغرق حوالي ثلاثة ساعات. وفقط بالنسبة لثقب أسود هائل في ثقل مجرتنا، نبدأ في تسجيل زمن يمكن إدراكه، ولكنه مع ذلك لا يبلغ أكثر من أسبوعين.

ويجب أن نذكر أن الزمن الذي نتحدث عنه، أينما كان سواء هنا على الأرض أو نحن نهبط مندفعين لنلقى حتفنا داخل عمق الثقب الأسود، إنما

هو زمننا المناسب Proper Time الذي نقيسه بساعة يد نحملها معنا. ومن الضروري التأكيد على هذا، طالما أنه ليس من الصواب أن نتحدث عن (الزمن) دون أن نتبين كيفية قياسه، وهذا التحديد الإضافي ضروري داخل الثقب الأسود حيث يندمج هناك الزمن بالمكان.

وقد نحاول استخدام نفس الفكرة الخاصة بالزمن، كتلك المتعارف عليها خارج أفق الحدث بمسافة بعيدة. وعندئذ نجد-ونحن نسقط صوب الثقب الأسود وحيد الاتجاه-أن الزمن يزداد دون حدود، وإذا لاحظنا الساعات البعيدة جدا لبدت لنا أنها تسير أسرع، وإذا اقتربنا من أفق الحدث نلاحظ أنها تبطئ من حركتها، حتى تبدو وكأنها لا تتحرك مطلقا. وخلال مرورنا في أفق الحدث واقترابنا من المركز، تنقلب عقارب الساعة إلى الاتجاه العكسي وكأننا نسير إلى الخلف في الزمن، أي أن الزمن بدلا من أن يتقدم إلى الأمام يتراجع إلى الوراء.

وبينما نسقط إلى مركز الثقب الأسود، يمكننا أن نلاحظ ظاهرة مثيرة جدا. فلو فرضنا أن هناك سفن فضاء تسقط قبلنا، وأمكننا أن نبعث لها برسائل لاسلكية فإنها لن تستطيع أن تجيب عليها، وكذلك فلن نتمكن من إجابة رسائل سفن فضاء تسقط بعدنا. فإذا شئنا أن نسافر إلى مركز الثقب الأسود، برفقة سفن فضاء أخرى، ولكي يستطيع كل منا الاتصال بالآخر يجب أن نكون قريبين من بعضنا بعضا إلى حد كبير، وأن نحافظ على نفس المسافة تماما من المركز. وليس الزمن هنا مختلف فقد بل أيضا مفهوم (المسافة) في هذا العالم شديد الغموض. وبينما قد نهتم بالسمات الغريبة لشكل الثقب الأسود من الداخل، فانه يزعجنا أشد الإزعاج مصيرنا ونحن نقترب من المركز. فإننا ونحن نفعل ذلك تزداد قوى الجاذبية الهائلة الواقعة علينا باستمرار حتى تصبح لا نهائية عند مركز الثقب الأسود. ولا نستطيع أن نتحمل إلا مقدارا معينا من قوى الجاذبية علينا، وأن نعد أنفسنا للموت خلال وقت قصير جدا، يبلغ جزءا من الثانية. إن القوى الواقعة على جسم رائد الفضاء، ذات طبيعة أشبه بطبيعة مد البحر، ومن ثم يكون هناك قوى مروعة على قدمي الشخص الهابط في عمق الثقب الأسود، إذا كان ساقطا وقدماه أمامه، إذ تكون الجاذبية على قدميه أكثر من بقية أجزاء جسمه التي هي أبعد نسبيا عن المركز.

وعندما يقترب رائد الفضاء من المنطقة الحرجة في الثقب الأسود، فان قوى الجاذبية تزداد إلى ما لا نهاية، وبذا تكون فعاليتها كبيرة جدا عند أقل اختلاف في المسافة، ونتيجة لذلك تعد الجسم إلى طول لا نهاية له، على أنه-في نفس الوقت-ينخفض حجمه باستمرار وهو يقع، نظرا للضغط المتزايد في الثقب الأسود.

ولا يحتاج رائد الفضاء إلا لمائة كيلو متر بعيدا عن ثقب أسود ذي حجم يساوي حجم الشمس، قبل أن يلقى حتفه، وهو بهذا يكون لا يزال على مسافة بعيدة من أفق الحدث (الذي لا يبعد عن الثقب الأسود إلا مسافة كيلو مترا ونصف). من هذا يتضح أن الثقب الأسود الذي لا يكون أثقل من عشر إلى مائة مرة من شمسنا، يمكن أن يؤثر تأثرا مديا قويا على أي مسافر في الفضاء، يغامر بالاقتراب منه رغم بقائه خارج أفق الحدث إلا إذا استمرت قوة دفع صواريخه تعمل، عندما يمر على مسافة من ثقب أسود، وإلا سقط في الطريق الذي لا عودة منه.

## الثقوب السوداء الدوارة

إن تجارب رائد فضاء المستقبل وهو يقع في مركز ثقب أسود، يمكن أن تكون اكثر غرابة في حالة ثقب اسود دوار Rotating Black Hole، حيث تحدث له وقائع جديدة تجعل الحالة السابقة (حالة الثقب الأسود الثابت Stationary (Black) Hole) تبدو أمورا غير مثيرة، إذا ما قورنت بها. حقا أن رائد الفضاء سيتعرض للدمار الشامل، إذا سقط في الثقب الأسود الدوار من الناحية الاستوائية حيث يدور المحور من الشكل للجنوب، وتؤثر فيه تلك القوى المدية اللانهائية والتي هي خاصية من خصائص الثقب الأسود. وهذه الخاصية الفريدة للثقب الأسود الثابت، والمحايد كهربائيا، تقع في المركز تماما ويعاني منها في النهاية أي رائد فضاء يكون حظه العاثر، قد أوقعه في أفق الحدث ثم في عمق الثقب الأسود. ولكن الثقب الأسود الدوار بشحنة كهربائية أو بدونها تكون خاصيته (حيث قوى الجاذبية تبلغ اللانهاية) على شكل حلقة عند خط الاستواء.

ويعتقد علماء الفلك أن غالبية النجوم المنهارة سينتج عنها ثقوب سوداء دوارة، ومن ثم فان رائد الفضاء في المستقبل الذي سيقتنص في شباك

ثقب أسود دوار سيتم فناءه بسبب تأثير تلك القوى الجذبية الهائلة، والتي يزيد في تأثيرها سرعة الدوران. ولنتحول إلى الثقب الأسود الدوار الأكبر بكثير-مثل ذلك الذي يقترب من حجم مجرتنا-فان رائد الفضاء الذي يسقط داخله، خلافا لما يحدث له في الثقب الأسود الدوار الصغير أو متوسط الحجم، يمكنه أن يبقى على قيد الحياة طوال رحلته في أفق الحدث، ولكنه لن يستطيع أبدا أن يعود إلى العالم الخارجي. فما الذي يحدث له. هل يظل يدور داخل الغلاف وحيد الاتجاه حتى يموت جوعا أو يموت بالشيخوخة؟.

إن الإجابة على هذه الأسئلة، تدعو إلى منتهى الدهشة! ففي الجزء الأول من رحلة رائد الفضاء خلال أفق الحدث، يكون قد عانى من ذلك التداخل بين الزمن والمكان Spacetime، والذي يكون قد صادفه في الثقب الأسود الثابت والمحايد كهربائيا. ولكن في حالة الثقب الأسود الدوار، بعد أن يكون رائد الفضاء قد اندفع بعنف بالغ صوب خاصية الحلقة عند خط الاستواء، يسقط في منطقة جديدة حيث يتداخل فيها الزمن والمكان مرة أخرى، ويتدفق الزمن إلى الأمام ويعود الفضاء تحت سيطرته مرة ثانية. وفي هذه المرحلة قد يتنفس رائد الفضاء الصعداء، فقد عاد إلى مكان يشبه العالم الطبيعي، ولكن في حقيقة الأمر تكون متاعبه قد بدأت.

فالمنطقة التي دخلها في ذلك الوقت، هي في الواقع متصلة بكون آخر تماما، وهو الآن يستطيع الابتعاد عن مركز الثقب الأسود، بل ويمكنه الاتصال برفقائه الذين سقطوا معه، بل انه قد يحاول الهروب من خلال المنطقة الغريبة التي سبق وسقط فيها، ولكنه إذا قام بهذه المحاولة وجب عليه في الواقع، أن يسافر خلال منطقة ذات خواص مشابهة ولكن في كون مختلف، ومهما حاول فلن يستطيع أبدا العودة إلى كونه القديم. أي أن رائد فضاء المستقبل بمجرد دخوله الثقب الأسود الدوار الكبير، يندفع إلى الداخل ناحية المركز، ومنه إلى مكان غريب غامض بالخواص العادية للزمن والمكان، ولكنه متصل بكونين: الكون المألوف لرائد الفضاء، وكون آخر.. وما أن يترك رائد الفضاء كونه، حتى لا يستطيع العودة إليه أبدا، أما ما عسى أن يجده في هذا الكون الآخر فليس لدى العلماء فكرة دقيقة عنه.

ومع هذا فيرى بعض العلماء، أن الكون الآخر (ب) يحتوي على ثقب

اسود مماثل للموجود في الكون الأول (أ). وقد يتوق رائد الفضاء إلى العودة إلى كونه (أ)، ويعتقد أن السقوط في الثقب الأسود الآخر سيمكنه من تحقيق غرضه. ولكن سرعان ما يخيب ظنه عندما يجد نفسه يمر خلال صورة طبق الأصل، من مركز الثقب الأسود (أ) ثم إلى كون جديد آخر (جـ) يختلف عن الكونين (أ)، (ب) ولكنه يحتوي أيضا على ثقب أسود دوار مماثل. وهكذا يستطيع رائد الفضاء، أن يستمر في رحلاته ذاهبا من كون إلى آخر، ولكنه لن يتمكن أبدا من العودة إلى كونه الأصلي (أ).

أما الثقب الأسود الثابت، فان خاصيته لا تجعل مسافر الفضاء الذي يهبط فيه تائها بين كون وآخر.. ولكنها ستسحق كل ما يدخل فيها إلى عدم. ومن الواضح أن الثقوب السوداء الثابتة اخطر من الدوارة. ويتوقع العلماء أن تكون معظم الثقوب السوداء دوارة.

وهناك العديد من المفاجآت الأخرى التي يخبئها القدر، لذلك المسافر في الفضاء الذي يكون قد أوقعه سوء الحظ داخل ثقب أسود دوار، فما أن يقع خارج كونه الأصلي حتى يكون أمامه فرصة للقيام برحلة في الزمن. فإذا سار في طريق دائري حول المدار الذي يدور حول الثقب الأسود ولكن في اتجاه مضاد، وفي كل رحلة دائرية حول المحور، يكسب رائد الفضاء مقدارا من الزمن يتناسب مع دوران الثقب الأسود. وبطبيعة الحال، فانه لن يستطيع أن يستخدم هذا الزمن الذي كسبه، طالما أنه لن يتمكن أبدا من العودة إلى كونه الأصلي، بل سيظل ينتقل من كون إلى آخر.

وحسب نظرية النسبية لاينشتين، فان الرحلة في الزمن لا تتم إلا إذا كانت سرعة المسافر أكبر من سرعة الضوء وهذا مستحيل، ولكن في هذه الحالة نجد أن السفر ممكن بسرعة تقل عن سرعة الضوء، وينشأ هذا بسبب تلك الطبيعة الغريبة للفضاء داخل الثقب الأسود الدوار. وفي الواقع أن هذه الرحلات في الزمن مزعجة جدا للعلماء، لأنها تناقض كل منطق في هذا الكون.

إن كل الأسئلة التي نوقشت حتى الآن، محيرة جدا وليس هناك جواب أكيد عليها في الوقت الحاضر على الأقل، فطريقة تفكيرنا قد رتبت بحيث تستبعد مثل هذه الاحتمالات، ولا حاجة بنا لان نغير موقفنا إذا كنا لا نريد إلا أن نفهم عالمنا الطبيعي الحاضر.

ولكن من المحتمل وجود الثقب الأسود الدوار، وبالتالي هناك احتمال لمصادفة مثل هذه الأمور الغريبة، ولو بدت مستحيلة، فالكون ليس عجيبا فقط ولكنه اغرب مما يمكن أن نتصور.

## النفق الكوني.. والثقب الأبيض

امتدادا لنظرية الثقوب السوداء، وضع بعض العلماء تصورات نظرية ونماذج رياضية لتفسير بعض الظواهر الكونية الغامضة. ومن أحدث آراء علماء الفلك في هذا الصدد، أن هناك تدفقات كونية تأتي إلى كوننا المرئي من كون آخر مجهول لا يعرفون عنه شيئا، بل هو سر من الأسرار.

فالمادة التي اختفى في داخل ثقب أسود دوار تنتقل إلى كون آخر، عن طريق ما يسمى بالنفق الكوني Wormhole، وتنبثق هناك في شكل متدفق كوني يطلق عليه اسم الثقب الأبيض White Hole والثقب الأبيض هو عكس الثقب الأسود، فبينما تختفي المادة وتفقد كل خصائصها داخل مركز الثقب الأسود أو خاصيته المميزة Singularity، فإنها تندفع خلال النفق الكوني لتنبثق مرة أخرى-بشكل مختلف-في الكون الآخر بشكل ثقب أبيض.

ويحاول علماء الفلك الآن، أن يوجدوا صلة ما بين مجرات معينة، وبين بعض أشباه النجوم (الكوازرات)، ويرون أنها ربما تكون منطلقة منها. فقد لاحظوا أن بعض أشباه النجوم تبدو أخفت من رفيقاتها حتى أن تألقها يبلغ حوالي واحد على مائة من تألق المجرة المصاحبة لها، ومع هذا فان هذه الكوازرات الباهتة تصدر كمية مذهلة من الطاقة. وقد رأى بعض علماء الفلك، أن هناك نوعين من الكوازرات يمكن أن يتطورا إلى مجرات، فالأكثر ضياء تتحول إلى مجرات هائلة، أما الأقل ضياء فيمكن أن تتطور إلى مجرات أقزام Dwarf Galaxies.

ولا غرابة في ذلك إذا عرفنا أن الكوازرات، هي متدفقات كونية أو ثقوب بيضاء فالمادة التي تنتجها تكون شديدة النشاط وتنطلق بقوة هائلة، وهذا تفسير معقول لمشكلة الطاقة الغامضة التي تعد أشباه النجوم (الكوازرات)، بذلك النشاط الجبار الذي يصل إلينا وهي على بعد بلايين السنوات الضوئية. ويتابع علماء الفلك في الوقت الحاضر أبحاثهم، للتأكد مما إذا كانت الكوازرات هي مقدمات لولادة مجرات جديدة، وقد لازم هذه

الفكرة افتراض أنه كلما تقدم العمر بالمجرات، فان الكثير من النجوم فيها قد تتطور وتشيخ، ثم تلقى حتفها كثقوب سوداء صغيرة. وأن نواة المجرة عندما تتقدم في العمر قد تصبح ثقبا أسود كبيرا ينمو.

ومثل هذا الثقب الهائل قد يبتلع المادة المتبقية في المجرة، وينتج مقدارا عظيما من الإشعاع عندما تنطلق الطاقة، كنتيجة لاصطدام الجزيئات بعضها ببعض وهي تدخل بشكل دوامة في أفق الحدث للثقب الأسود الهائل. بل لقد اقترح بعض العلماء أن ثمة ثقبا اسود ينمو بالفعل في مركز مجرتنا، وبعد أن يصل الثقب الأسود إلى حد معين-غير معروف حتى الآن- تنبثق المادة في شكل جديد، في الكون الآخر كثقب أبيض، وتتم عملية ولادة جديدة لا يعلم من أمرها إلا الخالق جل شأنه.

### ... إلى كون آخر

ولكي يمكن تقديم توضيح أكثر لفكرة الثقوب السوداء، وعلاقتها بالثقوب البيضاء والأنفاق الكونية، قام عدد من علماء الفلك بإقامة هذا النموذج (شكل-51).

من الشكل المذكور، يتضح أن الزمن يزداد عند قمته، أما الفضاء فقد وضح بشكل أفقي أما الضوء فيتحرك إلى أعلى في خطوة مائلة على درجة 45 أما الأشياء التي تتحرك أقل من سرعة الضوء فتنطلق على طول خطوة أقرب إلى المستوى الرأسي.

أنظر أولا إلى الجزء غير المظلل من النموذج، فالخط الثقيل عند حافة المنطقة المظللة يمثل سطح الأشياء المنهارة (نجم أو مجموعة نجوم مثلا) التي كانت تؤلف الثقب الأسود، أما أفق الحدث فهو خط الـ45 درجة في الرسم، ومركز الثقب الأسود رسم بشكل أسنان سوداء.

أما الجزء غير المظلل فيمثل فراغ الفضاء، أما الجزء المظلل فيمثل الشيء الذي انهار ليؤلف الثقب الأسود. وإذا فحصنا بدقة الجزء المظلل، يظهر لنا الثقب الأسود كبوابة لكون آخر، فانك ترى صورة مرآة للثقب الأسود على يسار الصفحة، كما يوجد أفقان حادثان أحدهما موضعه في

المنطقة المظللة تماما. ويوجد أيضا مركزان، أحدهما في أسفل الرسم ويبدو وكأنما يوجد في منطقتنا فضاء، وكونان أو جزءان من نفس الكون خارج كل من الأفقين. أما الخط المسمى النفق الكوني، فيبدو وكأنه يوصل ما بين الكونين. ويظهر من هذا النموذج أيضا، أنه يمكنك أن تشق طريقك خلال النفق الكوني، وتسافر من كوننا إلى هذا الكون الآخر الغامض. وفي ثقب أسود لا يدور، تكون هذه الرحلة مستحيلة لأنه يجب عليك أن تزيد سرعتك عن سرعة الضوء، ففي النموذج يسافر الضوء على خط 45، ولكي تنفذ من ثقب النفق الكوني، يجب أن تسافر أسرع من الضوء وهو أمر محال.

وهناك شيء آخر مثير يمكن استخلاصه من النموذج، وهو أن الثقب الأبيض ينبثق من مركز الثقب الأسود، وينطلق إلى الخارج من خلال أفق الحدث، وينفجر بشدة في كوننا.

## السروال الزمني المكاني

وقد أخذ عدد من الباحثين النظريين، هذه الثقوب البيضاء بشكل جدي- برغم أنها مجرد نماذج افتراضية حتى الآن-وفيما يتعلق بالكوازرات بصفة خاصة، ولكن يجب أن ننظر إلى الثقوب البيضاء بغاية الحذر ذلك أن الثقب الأسود، ما أن يتكون فلا سبيل إلى تدميره وهو ينشأ عنيفا، ولكنه بعد ذلك يستقر إلى الأبد.

أما الثقب الأبيض-العكس الزمني للثقب الأسود-فلا بد أنه كان موجودا منذ بداية خلق الكون، ولكنه كان مختفيا، وعندما تحين لحظات انفجاره تنبثق منه المادة في أوقات غير محددة. إن ابسط طريقة يمكن بها تصور الكون هو أنه يشبه (جذع شجرة)، أننا في مكان ما في الوسط غير قادرين على رؤية حواف هذه الشجرة، واتجاه الزمن نحو أعلى الشجرة.

فلو فرضنا أننا نعيش في المجرة (أ) وأن هناك مجرة ثانية (ب)، تظل هاتان المجرتان تتحركان حتى تصلان إلى مفترق الطرق لتتخذ كل منها طريقا، كما يتضح من الشكل 52 حيث يتحد الزمن بالمكان.

ويخيل إلينا أن المجرة (ب) قد اختفت، فهي في واقع الأمر قد سقطت داخل ثقب اسود. ولكي يمكن لنا أن نبرر الظهور المفاجئ للمادة في كوننا،

فإننا سنعكس هذا النموذج الافتراضي السابق ليصبح كما في شكل 53.

إن نموذج جذع الشجرة المعكوس يشبه السروال، ويتضح من هذا النموذج أن رحلة المجرة (أ) في أحد طرفي هذا السروال، ستصل به إلى وقت نرى فيه المجرة (ب) فجأة، وهي تنبثق في الكون.

## فكرة اندماج الزمن والمكان

كما أن الإحساس بالأضواء والألوان ليس له معنى، إلا في وجود العيون المبصرة، كذلك فان الإحساس بمرور الزمن، ليس له معنى إلا إذا كانت هناك أحداث متتالية تميزه. وعندئذ نستطيع القول أن هذا الحدث قد وقع في الماضي، وأن ذاك يحدث الآن، وغيره قد يحدث في المستقبل. ومجرد تصور ماض وحاضر ومستقبل، هو الذي يوحي إلينا بمرور الزمن، وكأنما هو ترتيب من أحداث متتابعة، تماما كما نرى الكون ترتيبا من أجرام سماوية تنتظم في فضائه.

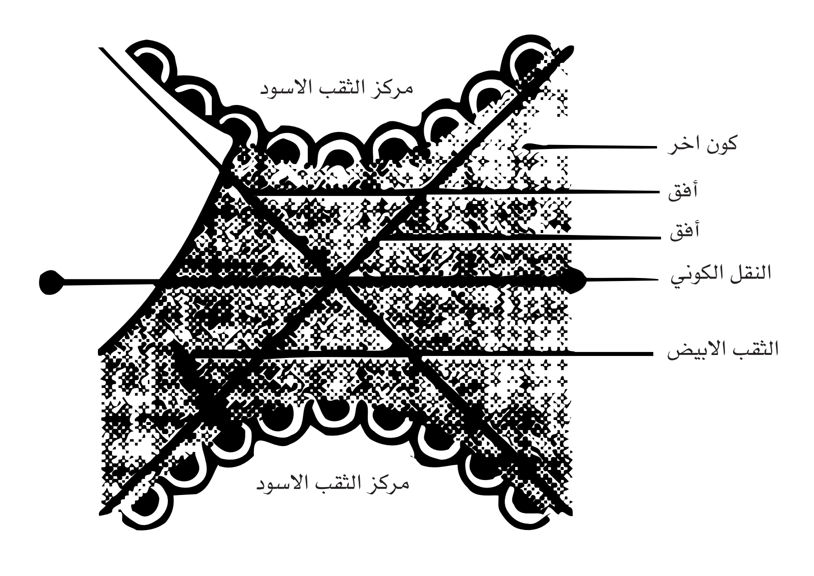
والزمن يعتمد على حركة الكون الدائبة، وكل ما في الكون يتحرك وان بدا لنا ثابتا. فإذا كان شخص ما واقفا بالنسبة لك. إلا أنه يتحرك مع الأرض بالنسبة لشيء آخر في الكون، ولهذا فان الحركة دليل الوجود. فالإنسان يتحرك والذرة والجسيمات والإشعاعات والأرض والغلاف الجوي والقمر والشمس والنجوم والمجرات والكوكبات (مجموعات المجرات). كل شيء يتحرك بالنسبة لغيره. وما دام كل شيء يتحرك، فلا بد أن يحمل معه زمنه أي كلما تحرك وأسرع، كان عمره أطول بمعنى أن زمنه الذي يسري معه يبطئ بالنسبة لما حوله من حركات أخرى أو أزمنة أخرى مختلفة.

هذه في واقع الأمر نتيجة غريبة قد لا يعقلها الذهن البشري، ذلك لأننا بطبيعة نشأتنا على كوكب الأرض نقيس كل الأمور على قدر ما تتقبله حواسنا القاصرة. والواقع أن النظرية النسبية العامة لاينشتين، لا تقتصر على أحداثنا الأرضية وزمننا الأرضي، الذي يعتمد على سرعة الشيء وانطلاقه، ولو فعلت لكانت نظرية قاصرة لا تعالج الموضوع ككل. ولهذا فان ما يعنينا هنا في تحليلنا لظواهر الثقب الأسود والأبيض، هو فكرة اندماج الزمن والمكان، لأننا نتعامل بالأبعاد الأربعة (الطول والعرض والارتفاع والزمن)، وأيضا لأننا نطبق فكرة أن الفضاء ينحني بجوار الكتل الكبيرة من

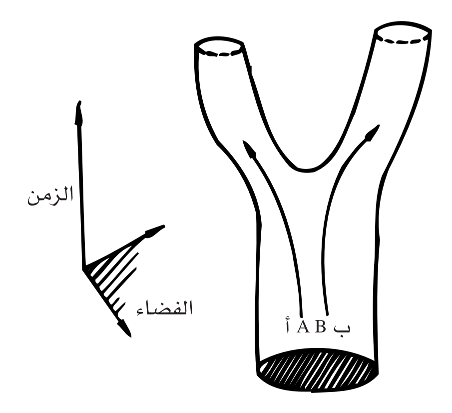
المادة (وإحدى نتائج هذا التحدب Curvature هو انحراف ضوء النجم المار على حافة الجرم، وقد تم قياسه أثناء الكسوف الكلي للشمس).



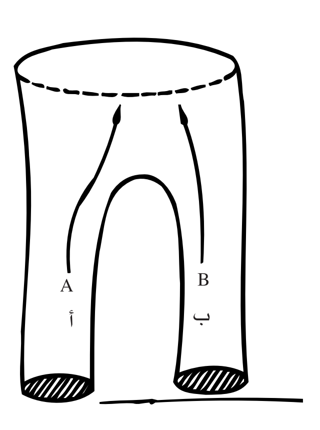
شكل(50): المجرة السيفرتية النشطة (ن ج س 1275)، هل هي ثقب اسود؟




شكل(51): الثقب الاسود والنفق الكوني والثقب الابيض، وتمثل المنطقة النجم المتقلص والذي كان انهياره سببا في تكون الثقب الاسود




شكل(52): نموذج جذع شجرة




شكل(53): نموذج السروال

## خاتمه

اتضح لنا في البابين الثاني والثالث، أنه قد توجد ثلاثة أنواع من الجثث النجمية: الأقزام البيضاء ونجوم النيوترون والثقوب السوداء. والنجم يموت عندما تتوقف تفاعلاته النووية، المولدة للطاقة الضرورية للمحافظة على ضغط النجم الداخلي الذي يبقى عليه من الانهيار تحت ثقل الطبقات الخارجية. أما الأقزام البيضاء ونجوم النيوترون ففيها ضغط تحللي، بدلا من الضغط الحراري ومن ثم أمكن لها أن تبرد دون أن تنهار. ومن المعروف أن الأقزام البيضاء ونجوم النيوترون موجودة في العالم الحقيقي، الأولى كنجوم خافتة والثانية كنجوم نابضة (بلسارات).

أما الثقوب السوداء-إذا كان لها وجود-فإنها تتألف من انهيار نجوم ضخمة جدا، والسمة المميزة للثقوب السوداء هو أفق الحدث، وهو حد كروي يفصل داخل الثقب الأسود عن العالم الخارجي الذي نعيش فيه. وظواهر الثقب الأسود تحدث تماما خارج أفق الحدث، حيث يسقط شيء نحو الثقب الأسود وتضغطه قوى الجاذبية المدية، فيبدو أنه يتجمد قرب أفق الحدث تماما. وبعض النجوم المزدوجة قد يكون أحدها ثقبا أسود يطلق أشعة سينية (اكس)، وربما كان نجم الدجاجة اكس-1 ثقبا أسود، فهناك أدلة قوية تؤكد هذا. أما الثقوب البيضاء والأنفاق الكونية، فهي مجرد تخمينات حسابية أو نماذج لا أساس لها من الواقع، وليس

معنى هذا أنها لن تكون أبدا إلا حدسا نظريا، فحدس اليوم قد يصبح أو لا يصبح حقيقة الغد. وفي كل يوم يتضح لنا مدى روعة هذا الكون وما فيه من أسرار ونظام بديع، ينبئ بعظمة الخالق جل شأنه.

## اكتشافات جديدة عن المشتري[1]

في حوالي منتصف شهر مارس (آذار) 1979 مرت المركبة الفضائية «المسافر رقم 1» Voyager 1 بأقرب نقطة في مسارها من المشتري فقد كانت على بعد 000, 278 كيلومتر (172400 ميل) من غيوم المشتري المتلاطمة. واستطاعت المركبة تحمل الإشعاع الشديد المنبعث هناك وأخذت عدساتها آلاف الصور لسطح المشتري وأقماره وما يحيط به... ومع أنها كانت تسير بسرعة 104600 كيلو متر في الساعة (000, 55 ميل/ الساعة) وعلى البعد المشار إليه فقد كانت الصور التي وصلت إلى محطة المراقبة واضحة ومثيرة إلى حد كبير... وقال الفلكي برادفورد سميث (أريزونا) عن تجربته عند مشاهدة تلك الصور «أننا نقف هنا وأفواهنا شاغرة وليس لدينا رغبة في أن ننقل بصرنا عن الشاشات». أما كارل ساغان (كورنيل) فقد عقدت الدهشة لسانه فترة من الوقت ثم قال: «يكاد يكون هذا فوق التفسير والتعليل... أن هناك كيمياء مختلفة وفيزياء مختلفة وقوى مختلفة عما نعرف».

واستمر اللقاء على البعد القريب بين المركبة الفضائية والمشتري تسعا وثلاثين ساعة مليئة مشحونة بالمعلومات التي ملأت أميالا من شريط التسجيل المغناطيسي في المحطة الأرضية والتي ستشغل العلماء في دراستها سنوات طوالا.

وأول ما لاحظه العلماء هو أن المشتري وأقماره تظهر ألوانا عديدة وكل

---

(1) والكتاب تحت الطبع في المطبعة أعلنت بعض نتائج رحلة المركبة الفضائية «المسافر رقم 1» إلى المشتري. وقد وجدنا أن من حق القارئ العربي علينا أن نلحق بعض تلك النتائج والمعلومات بالكتاب إلحاقا حتى لا يخرج الكتاب وقد اغفل ما قد أعلن ونأمل في طبعات تالية أن ندخل هذه المعلومات وغيرها مما يكشف النقاب عنه في متن الكتاب.

ونحن أن ننوه بان معظم المعلومات في هذا الملحق مأخوذة عن مجلة تايم عدد 19 (مارس آذار 1979).

زهير الكرمي

لون من درجات وظلال متعددة من ذلك اللون. وبدا للعلماء المشتري بأقماره وكأنه مجموعة شمسية مصغرة.. ثم لاحظ العلماء أن عدد الأقمار ليس اثني عشر كما كان معروفا من قبل وإنما ثلاثة عشر وربما كانت أربعة عشر.. واكبر أربعة من هذه الأقمار (وهي التي اكتشفها جاليليو) وتعرف بأقمار المشتري الجاليلية هي أي أو، وأوروبا وجانميد وكاليستو. وهي، كقمر الأرض، كبيرة إلى حد إمكان اعتبارها كوكبا صغيرا. غير أن عدسات المركبة الفضائية أظهرت أن هذه الأقمار معقدة جدا وفوق ذلك تختلف عن بعضها بعضا اختلافا بينا.

فسطوحها ذات أعمار مختلفة ثم أن سطح كاليستو وهو أبعدها عن المشتري ملئ بالحفر التي نجمت كما يبدو من اصطدام عدد كبير جدا من النيازك بذلك السطح في مدى أربعة آلاف مليون سنة. وليس في كاليستو جبال ولكن فيه ظاهرة لا ترى في أي مكان آخر من المجموعة الشمسية وهي وجود حفر منخفضة كبيرة ضخمة تحيط بها حلقات دائرية متتالية ومتحدة المركز وتبدو حواف هذه الحلقات مرتفعة وكأنها حواف سلاسل دائرية من الجبال. ويفسر العلماء هذه الظاهرة تفسيرا أوليا بأنه من المحتمل أن تكون الحفرة المنخفضة مركز ارتطام نيزك ضخم بسطح القمر كاليستو وأن طاقة الارتطام كانت كبيرة بحيث ولدت قدرا من الحرارة صهر الثلج الذي يغطي السطح وان الماء عندها اندفع في حلقات متتالية (كما يحدث عند سقوط حجر في بركة) ولكن الماء لم يلبث أن تجمد وتجمدت معه حلقات الماء بفعل انخفاض درجة الحرارة إلى حد كبير هناك.

وإذا نظرنا إلى صور جار كاليستو أي الذي يليه قربا من المشتري وهو القمر جانيميد فان بالوسع أن نرى أنه مثل كاليستو مكون نصفه على الأقل من الماء (المتجمد) ولكن سطحه مليء بالحواف المرتفعة التي يقطعها طولا وعرضا العديد من الشقوق التي تبدو شبيهة بالصدوع على الأرض. وسطح جانيميد فيه حفر أقل بكثير من سطح كاليستو كما أن عمر سطحه يبلغ ربع عمر سطح كاليستو إذ لا يتعدى ألف مليون سنة.

ولم تستطع أجهزة التصوير أخذ العديد من الصور للقمر أوروبا نظرا لوضعه آنذاك بالنسبة لوضع المركبة الفضائية.. ولكن خيبة الأمل في هذا

المجال عوضتها أجهزة التصوير بتصويرها القمر أي أو أكثر الأقمار الأربعة قريبا من المشتري... وقد اتضح أن لون هذا القمر أحمر-برتقالي زاه. وسطحه ملئ بالهضاب والسهول الجافة والمرتفعات وخطط الصدوع.. ولديه بركان واحد على الأقل يحتمل أن يكون ما زال نشطا ويبلغ قطر فوهته 50 كيلو مترا. على أن سطح تربته أملس وهذا يدل على حداثة عهده (إذ يقدر العلماء عمره تقديرا أوليا بما بين 10 مليون و 100 مليون سنة فقط)... وليس في السطح غير آثار قليلة لارتطام نيازك به.. ويعتقد العلماء أن نعومة السطح ناجمة عن عملية تعرية شديدة.. ويظن هؤلاء بأن عملية التعرية هذه تتم بفعل قصف إشعاعي شديد نابع من منطقة الإشعاع في المشتري.. وهذه المنطقة على شكل حزام يشبه (الكعكة)... وقد سجلت أجهزة المركبة الفضائية قوة الإشعاع هنا بما يعادل 000 ,400 واط من الكهرباء.

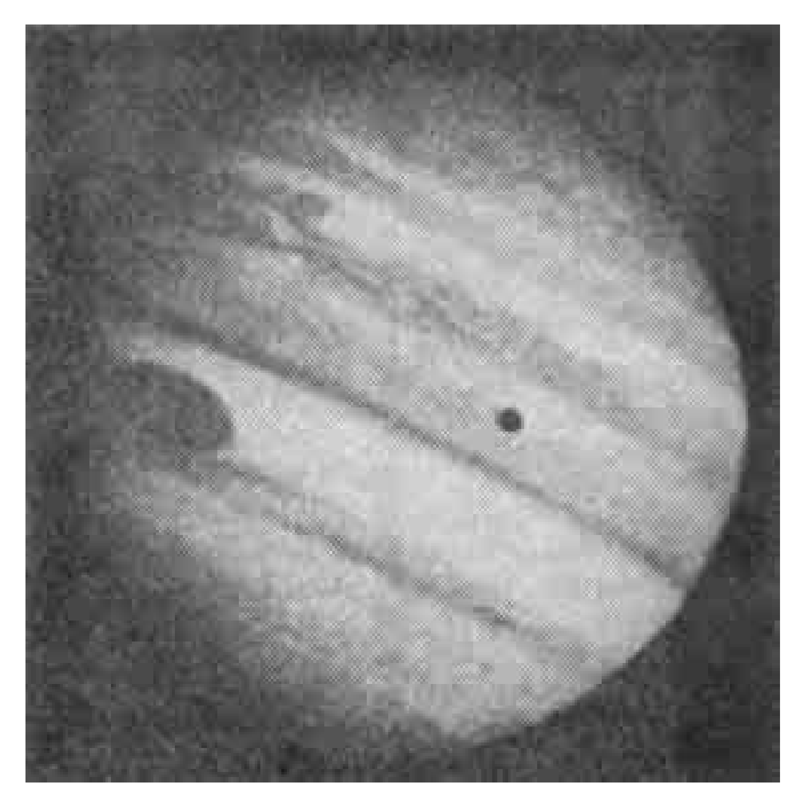
كما مرت المركبة بالقرب من القمر أمالثيا وهو أقرب قمر للمشتري (ولكنه ليس من الأقمار التي اكتشفها جاليليو).. وقد اتضح من الصور أن هذا القمر ليس كرويا ولكنه ممتد طوليا بشكل غريب إذ يبلغ ارتفاعه 130 كيلو مترا وطوله 220 كيلو مترا.

ولعل أغرب ظاهرة سجلتها عدسات المركبة الفضائية هي وجود حلقة حول المشتري شبيهة بحلقات زحل.. ومن تحليل أولي للصور يقول العلماء بأن هذه الحلقة تتكون من صخور الحجارة التي ترى في مجرى النهر الجاف... وقد تردد العلماء في إعلان هذا الكشف إلى أن أجروا فحوصات متكررة للصور وكان معروفا أن كوكب زحل فقط لديه حلقات ثم اكتشف في عام 1977 وجود حلقات حول كوكب اورانوس.. ومع أن مركبتي الفضاء بيونير 10 و 11 أجريتا من قبل مسحا للمشتري إلا أنهما لم تسجلا وجود حلقات. ومن دراسة الصور الجديدة يمكن تفسير عدم مقدرة مركبتي الفضاء بيونير 10 و 11 على اكتشاف هذه الحلقة ذلك أنها رقيقة نسبيا إذ لا يزيد سمكها على كيلو متر واحد.

كما صورت عدسات المركبة الفضائية البقعة الحمراء الضخمة في المشتري ولكن الصور لم تساعد العلماء على فهم سر هذه البقعة.

وككل كشف علمي أثارت هذه المعلومات من التساؤلات والمشكلات أكثر

مما حلت. ورغم أن رحلة المركبة الفضائية «المسافر رقم ١» كلفت 400 مليون دولار إلا أن العلماء متحمسون لها وينتظرون وصول المركبة الفضائية التالية (المسافر رقم 2) إلى المشتري في أواخر هذا العام، وعسى أن تستطيع توكيد معلومات أختها رقم (١) والإضافة إليها.



كوكب المشتري

**المؤلف في سطور:**

**رؤوف وصفي**

* ولد في القاهرة بجمهورية مصر العربية في 14 فبراير 1939.

* حصل على درجة الماجستير من الجامعة الأمريكية بالقاهرة في عام 1972 ويعد في الوقت الحاضر رسالة الدكتوراه.

* قام بالتدريس بالجامعة الأمريكية بالقاهرة والجامعة المستنصرية ببغداد.

* نشر له العديد من قصص الخيال العلمي والمقالات العلمية المبسطة في الصحف والمجلات العربية.

* صدر له حديثا عن المجلس الأعلى لرعاية الفنون والآداب والعلوم الاجتماعية بالقاهرة، أول مجموعة قصصية من نوعها باللغة العربية بعنوان (غزاة من الفضاء) يتم ترجمتها إلى اللغة الإنجليزية.

* سافر إلى معظم الدول الأوروبية، وصدر له كتابان من أدب الرحلات (شاهدت لك في أوروبا) و(دليل الشباب إلى أوروبا) أعيد طبعهما عدة مرات.




**الكوميديا**
**والتراجيديا**

ترجمة:

د. علي أحمد محمود